

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ**

Кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру

На правах рукопису

ВІТЮК ІЛЛЯ ВАСИЛЬОВИЧ

**МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ
КОМБІНОВАНИМ МЕТОДОМ ДЛЯ ЗАВДАНЬ
ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ**

Спеціальність: 193 Геодезія та землеустрій
Освітня програма Геодезія та землеустрій
Робота на здобуття першого (бакалаврського) освітнього рівня

Науковий керівник:
Мельник Олександр Валентинович
кандидат технічних наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ
Протокол №
засідання кафедри геодезії,
землевпорядкування і кадастру
Від . .2025 р.

Завідувач кафедри
д.т.н., проф. А.В. Уль_____

ЛУЦЬК - 2025

Анотація

Вітюк І.В. *Методика створення геодезичних мереж комбінованим методом для завдань інвентаризації земель. Кваліфікаційна робота на правах рукопису. –ВНУ імені Лесі Українки, МОН України, Луцьк, –2025. -71 с.*

В бакалаврській роботі розглянуто методологічні та практичні аспекти створення геодезичного обґрунтування для завдань інвентаризації земель на прикладі с. Новосілки Здолбунівської міської громади Рівненського району Рівненської області. Проведено розрахунки точності створення геодезичних мереж класичними та комбінованими методами. Проведено детальний аналіз підготовки та проведення GNSS-вишукувань. Запропоновано схему геодезичного забезпечення інвентаризаційних робіт поєднанням класичних методів та GNSS-спостережень.

Ключові слова: *інвентаризація земель, геодезичні вишукування, теодолітний хід, GNSS-спостереження, оцінка точності.*

Annotation

Vitiuk I.V. *Methodology for creating geodetic networks by the combined method for land inventory tasks. Qualification work on the rights of the manuscript. -Lesya Ukrainka National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lutsk, - 2025. -71 с.*

The bachelor's thesis deals with the methodological and practical aspects of creating a geodetic justification for land inventory tasks on the example of Novosilky village of the Zdolbuniv city community in Rivne district of Rivne region.. The accuracy of geodetic networks creation by classical and combined methods was calculated. A detailed analysis of the preparation and conduct of GNSS surveys is carried out. A scheme of geodetic support of inventory works by combining classical methods and GNSS observations is proposed.

Keywords: *land inventory, geodetic surveys, theodolite course, GNSS observations, accuracy assessment.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ВИБІР МЕТОДІВ	
СТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ.....	8
1.1. Правові основи.....	8
1.2. Аналіз вимог до обсягу інформації та точності геодезичних мереж, закладених в «Порядку проведення інвентаризації земель»	10
1.3. Вибір методів створення геодезичного обґрунтування.....	13
1.4. Кінематичне позиціонування в реальному часі (RTK).....	15
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ РОБІТ.....	18
2.1. Загальні відомості.....	18
2.2. Клімат.	18
2.3. Рельєф.	20
2.4. Ґрунти.	20
2.5. Ґрунтові та поверхневі води.	21
2.6. Рослинність.	22
2.7. Існуюче використання земельного фонду.	22
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ГЕОДЕЗИЧНОГО	
ОБҐРУНТУВАННЯ.....	26
3.1. Складання проекту геодезичного обґрунтування класичними методами.	26
3.2. Складання проекту геодезичного обґрунтування методом теодолітних ходів	27
3.3. Попередній розрахунок точності геодезичного обґрунтування.	30
3.4. Складання проекту геодезичного обґрунтування методом GNSS- спостережень.....	38
3.5. Складання проекту геодезичного обґрунтування комбінованим методом.	53

3.6.	Попередній розрахунок точності геодезичного обґрунтування комбінованого методу.	55
РОЗДІЛ 4.	ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПРОЕКТНИХ МЕТОДІВ ПРИ СТВОРЕННІ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ.....	59
ВИСНОВКИ		67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....		70
ДОДАТКИ.....		73

Вступ

Актуальність теми.

В умовах реалізації земельної реформи в Україні, що супроводжується активним процесом приватизації, децентралізації, впровадженню ринку землі та створенням цифрового Державного земельного кадастру, особливої актуальності набувають питання достовірного і точного геодезичного забезпечення землевпорядних робіт. Однією з головних процедур у цьому контексті є інвентаризація земель, яка передбачає повне збирання, оновлення та фіксацію інформації про фактичне використання земель, їх правовий статус, межі, угіддя та інші характеристики. Висока якість цієї процедури безпосередньо залежить від надійності геодезичного обґрунтування, що виступає просторовим каркасом для фіксації всіх об'єктів кадастрового обліку.

Традиційні методи створення геодезичних мереж, зокрема полігонометрія та теодолітні ходи, залишаються актуальними, однак мають низку обмежень, зокрема в частині трудомісткості, залежності від погодних умов та складного рельєфу. З іншого боку, впровадження глобальних супутникових навігаційних систем (GNSS), зокрема методів RTK та мережевого RTK (NRTK), дозволяє значно підвищити продуктивність і точність знімальних робіт. Тому застосування комбінованого методу, який поєднує класичні інструментальні методи з GNSS-технологіями, є логічним і ефективним рішенням в умовах сучасних потреб землевпорядної діяльності.

Особливого значення ця тема набуває для територій сільських громад, таких як с. Новосілки Здолбунівської міської громади Рівненського району Рівненської області, де існує потреба в оновленні геодезичної основи, уточненні меж землекористувань та створенні точного просторового каркасу для подальшого ведення земельного кадастру. Комбіновані методи, з огляду на їхню ефективність і гнучкість, дозволяють врахувати специфіку таких територій — складний рельєф, фрагментованість землеволодінь, наявність лісів, боліт тощо.

Таким чином, дослідження методики створення геодезичних мереж комбінованим методом має не лише теоретичне, а й вагомим практичне значення

— воно спрямоване на підвищення якості геопросторових даних, забезпечення юридичної визначеності прав на землю та створення умов для ефективного управління територіальними ресурсами громад.

Об’єктом дослідження є процес створення геодезичних мереж на території с. Новосілки Здолбунівської міської громади Рівненського району Рівненської області.

Предметом дослідження є методика побудови геодезичних мереж комбінованим методом для потреб земельної інвентаризації.

Мета дослідження: Розробити ефективну методику створення геодезичного обґрунтування шляхом поєднання класичних методів і GNSS-спостережень для забезпечення інвентаризації земель.

Мета цієї роботи передбачає виконання наступних **завдань**:

- Провести аналіз нормативно-правової бази щодо створення геодезичних мереж.
- Обґрунтувати вибір методів побудови геодезичних мереж для інвентаризації земель.
- Розробити проєкти геодезичного обґрунтування класичними, GNSS та комбінованими методами.
- Здійснити попередній розрахунок точності мереж.
- Провести порівняльну оцінку ефективності застосованих методів.

Методи дослідження — У роботі використано аналітичні, графічні та обчислювальні методи, зокрема, аналіз нормативних документів, проектування геодезичних мереж, програмна обробка результатів в середовищі «ІНВЕНТГРАД», GNSS-спостереження, класичні геодезичні інструментальні вимірювання.

Практичне значення одержаних результатів: розроблена методика може бути використана в практичній діяльності землевпорядних, кадастрових і геодезичних підприємств для створення геодезичних мереж під час інвентаризації земель, зокрема в умовах сільських населених пунктів, що

забезпечить підвищення точності, ефективності та економічності геодезичних робіт.

Структура і обсяг роботи - Кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг роботи — 73 сторінки, включаючи 23 рисунки, 15 таблиць, 4 додатки.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ВИБІР МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1. ПРАВОВІ ОСНОВИ.

Відповідно до статті 38 Земельного Кодексу України [1] земельні ділянки в межах населених пунктів, які використовуються для розміщення житлової забудови, громадських будівель і споруд, інших об'єктів загального користування належать до земель житлової та громадської забудови. Використання земель цієї категорії, згідно статті 39 Земельного Кодексу України, здійснюється відповідно до генерального плану населеного пункту, іншої містобудівної документації, плану земельно-господарського устрою з дотриманням державних стандартів і норм, регіональних та місцевих правил забудови.

Населені пункти поділяються на міста, селища і сільські населені пункти.

Встановлення і зміна меж міст провадиться Верховною Радою України, що приймає рішення відповідно до пропозицій обласних та Київської і Севастопольської міських рад (ст.6, ст.8, ст.9 ЗКУ) [1].

Встановлення та зміна меж сіл, селищ відноситься до повноважень обласних рад (ст. 8 ЗКУ) [1].. Згідно статті 10 Земельного Кодексу України [1].пропозиції щодо встановлення та зміни меж сіл та селищ до обласних рад вносяться районними радами.

До повноважень сільських, селищних, міських рад входить внесення пропозицій до районної ради щодо встановлення і зміни меж сіл, селищ, міст (ст.12 ЗКУ) [1]..

Межі населених пунктів визначаються з урахуванням проектів планування та забудови населеного пункту (Генеральних планів) [2, 3], планів земельно-господарського устрою, потреби населення в додатковій площі для розвитку особистих підсобних господарств, індивідуальної забудови тощо.

Після рішення відповідного органу, який має повноваження щодо встановлення меж населених пунктів складається «Проект встановлення меж населеного пункту»[4] .

Виготовлення такого Проекту включає наступні етапи [1]:

Підготовчі роботи. Збір, вивчення та аналіз планово-картографічних матеріалів, земельно-облікової документації, матеріалів відводу земель, Генерального плану тощо.

Складання проекту. Визначення земель, що включаються в населений пункт, обчислення їх площ по окремих землеволодіннях та землекористувачах, земельних угіддях загального користування.

Погодження та затвердження проекту. Проект погоджується із суміжними землевласниками та землекористувачами, районними (міськими) землевпорядними, природоохоронними, санітарними органами, органами архітектури і подається на розгляд до відповідної ради населеного пункту для якої виготовляється Проект. Рада розглядає Проект і з своїм висновком подає Проект на розгляд вищестоящої ради, яка його розглядає і затверджує [5].

Виготовлення та оформлення технічної документації. Документація розробляється в такому складі: пояснювальна записка, графічні матеріали, матеріали погодження та затвердження. Змістом пояснювальної записки є коротка характеристика населеного пункту, особливості формування території, матеріали погодження границь, склад земель, матеріали вирахування площ. Графічні матеріали включають: креслення перенесення елементів Проекту в натуру, креслення меж населеного пункту.

Перенесення проекту в натуру. Затверджений Проект переноситься в натуру на тих ділянках меж, які були спірні або не чітко виражені на місцевості, або де є можливість самозахвату земель. В таких випадках обов'язковим є встановлення межових знаків населеного пункту з підписанням Акту польової прийомки робіт по встановленню (поновленню) меж населених пунктів.

1.2. АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ОБСЯГУ ІНФОРМАЦІЇ ТА ТОЧНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ, ЗАКЛАДЕНИХ В «ПОРЯДКУ ПРОВЕДЕННЯ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ»

Реформування земельних відносин в Україні, реалізація процесу роздержавлення і приватизації земель спричиняє необхідність удосконалення геодезичного забезпечення земельно-кадастрових робіт [6]. Основними видами земельно-кадастрових робіт є інвентаризація ділянок землеволодінь та землекористувань в населених пунктах, встановлення та координування меж населених пунктів, геодезичне забезпечення процесів роздержавлення сільськогосподарських робіт.

Система реєстрації повинна забезпечувати надання інформації: про власника землі, площу його земельної ділянки, її фізичне положення в просторі, вартість земельної ділянки, визначати коли і на яких умовах виникло право власності, які є обмеження чи обтяження при використанні земельної ділянки. Впровадження земельно-реєстраційної системи повністю відповідає основним вимогам «Положення проведення інвентаризації земель» [7]. Ці положення визначаються Постановою Кабінету Міністрів України №476 від 5 червня 2019 року, а також цілою низкою Вказівок Держкомзему України.

Для отримання даних для земельно-реєстраційної системи необхідно виконати спеціальні картографічні та інші обстеження земельних ділянок.

Носієм картографічної інформації для реєстрації являються матеріали спеціальних вишукувань та зйомок до яких належать:

- земельно-кадастрові карти і плани (графічні і цифрові);
- спеціальні сільськогосподарські плани і карти (графічні і цифрові);
- матеріали коректування спеціальних сільськогосподарських планів і карт;
- матеріали виконавчих зйомок;
- матеріали інвентаризації земель;

- матеріали встановлення меж міст, селищ міського типу, сільських населених пунктів, сільських та селищних Рад, земельних ділянок приватної та колективної власності;
- карти і плани спеціального призначення (карти ґрунтів, плани зон містобудівної цінності, креслення бонітування ґрунтів і економічної оцінки земель, тощо);
- геоботанічні, кормові, лісотопологічні та інші карти;

Спеціальні картографічні матеріали являються складовою частиною кадастрової інформації для проведення землевпорядних робіт і призначені для відображення прийнятих рішень з питань регулювання земельних відносин, реєстрації права власності, права користування землею та договорів на оренду землі, обліку кількості та якості земель, бонітування ґрунтів, економічної оцінки сільськогосподарських земель.

В залежності від цільового призначення, та масштабу зйомки, на спеціальних картографічних матеріалах достовірно, з необхідною точністю і детальністю відображаються:

- загально-географічне (картографічна) навантаження;
- пункти державної геодезичної мережі;
- межі адміністративно-територіальних утворень;
- межі земельних ділянок власників землі та землекористувачів, включаючи орендарів;
- межі санітарно-захисних і охоронних зон, резервні землі;
- ідентифікаційні кадастрові номери земельної власності;
- категорії земель, цільове призначення та функціональне використання;
- земельні угіддя;
- рельєф місцевості;
- спеціальне та тематичне навантаження.

Як вказано в «Порядку проведення інвентаризації земель», яке затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 5 червня 2019 р. № 476 [7] основним фактором, що визначає параметри спеціальних картографічних матеріалів в умовах проведення робіт по реєстрації землі і нерухомості, є вимоги до точності та детального відображення об'єктів які підлягають реєстрації. Ці вимоги, в свою чергу, визначаються цільовим призначенням, якістю землі і максимальними можливостями відображення на плані облікової площі.

Середньоквадратична похибка визначення координат поворотних точок меж земельних ділянок відносно найближчих пунктів державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення, міських геодезичних мереж не повинна перевищувати:

- у мм. Києві, Севастополі та інших містах - 0,1 метра;
- у селищах - 0,2 метра;
- у селах - 0,3 метра;
- за межами населених пунктів - 0,5 метра.

Граничні розходження не повинні перевищувати подвоєних значень допустимих середньоквадратичних похибок та їх кількість не повинна бути більш як 10 відсотків загальної кількості контрольних вимірів.

Під час проведення інвентаризації земель, державної інвентаризації земель та земельних ділянок площа земельної ділянки зазначається до 1 кв. метра з урахуванням граничної похибки масштабу плану в разі, коли координати поворотної точки межі визначаються з точністю до 0,01 метра.

Робочий інвентаризаційний план формується на основі актуального кадастрового плану або інших планово-картографічних матеріалів. Для міст та селищ використовується масштаб не менше 1:5000, для сіл та сільськогосподарських земель - не менше 1:2000. Для територій, визначених проектами формування території та встановлення меж сільських і селищних рад, застосовується масштаб не менше 1:10000, а для районів - масштаб 1:25000 із зазначенням меж [6].

Середні похибки в положенні на планах і картах, об'єктів і контурів місцевості з чіткими границями, відносно найближчих точок зйомочного обґрунтування, не повинні перевищувати - 0,5 мм, а для гірських районів - 0,7 мм [8]. На територіях з капітальною та багатоповерховою забудовою похибки взаємного положення, на плані прилеглих важливих контурів (капітальних споруд, будівель і інше), не повинні перевищувати - 0,4 мм.

Фізичне положення об'єкту реєстрації в просторі визначається координатами поворотних точок його межі. Координати цих точок можуть визначатись кожним відомим в геодезії способом. Перевагу належить надавати застосуванню супутникових навігаційних систем, світловіддалемірів, електронних тахеометрів [9, 10]. При наявності матеріалів аерофотозйомки, поворотні точки меж можуть розпізнаватись на матеріалах аерофотозйомки, а їх координати визначатись фотограмметричним способом.

Разом з тим, виконання робіт з дотриманням вказаних вимог потребує значних витрат і часу. Тому необхідно максимально використовувати наявні картографічні матеріали та результати попередніх геодезичних вимірювань. При реєстрації суб'єктів власності з використанням матеріалів створених в попередні роки, необхідно вносити відповідну інформацію в матеріали реєстрації, про використані дані і ступінь їх точності.

1.3. ВИБІР МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ

Геодезичне обґрунтування може створюватись за допомогою як традиційних, так і новітніх технологій [11]. До традиційних методів можна віднести створення мережі згущення прокладанням ходів полігонометрії, трилатерації, тріангуляції, теодолітних ходів і виконання тахеометричного, мензульного знімання і т. ін.

При цьому «Порядок проведення інвентаризації земель» регламентує граничну похибку точок знімального обґрунтування відносно найближчих пунктів державної геодезичної мережі в селі – 40 см, або 0,2 мм в масштабі плану, згідно з інструкцією по топографічній зйомці такої точності відповідає знімальна

геодезична мережа. Отже в селах є достатнім розвиток знімального обґрунтування.

Знімальна геодезична мережа створюється з метою згущення геодезичної планової і висотної основи до щільності, що забезпечує виконання топографічної зйомки. Щільність і розташування пунктів знімального обґрунтування встановлюється технічним проектом у залежності від обраної технології робіт, визначеної з дотриманням даної інструкції. Знімальна мережа розвивається від пунктів державних геодезичних мереж, геодезичних мереж згущення 1 і 2 розрядів і технічного нівелювання.

Пункти знімальної мережі визначаються побудовою знімальних триангуляційних мереж, прокладанням теодолітних, прямими, зворотними, комбінованими засічками. При розвитку знімальної мережі одночасно визначаються, як правило, положення точок у плані і по висоті. Висоти точок знімальної мережі визначаються геометричним або тригонометричним нівелюванням [12].

Граничні похибки положення пунктів планової знімальної мережі, у тому числі планових опознаків, щодо пунктів державної геодезичної мережі і геодезичних мереж згущення не повинні перевищувати на відкритій місцевості і на забудованій території 0,2 мм у масштабі плану і 0,3 мм – на місцевості, закритою деревною і чагарниковою рослинністю.

Пункти знімального обґрунтування закріплюються на місцевості довгостроковими знаками [13] з таким розрахунком, щоб на кожному знімальному планшеті було, як правило, закріплено не менше трьох точок при зйомці в масштабі 1:5000 і двох точок при зйомці в масштабі 1:2000, включаючи пункти державної геодезичної мережі і мереж згущення (якщо технічні умови замовника в технічному проекті не вимагають більшої щільності закріплення). На території населених пунктів і промислових площадок усі точки знімальних мереж і планово-висотні опознаки закріплюються знаками довгострокового закріплення.

Важливим є застосування новітнього інструментального забезпечення (електронних тахеометрів, GNSS - приймачів). Застосування електронних тахеометрів дозволяє використовувати переваги «без паперової» технології, коли дані знімання безпосередньо переносяться на ПК, де і виконується їх обробка з подальшою передачею в автоматизовану систему земельного кадастру.

Використання GNSS - приймачів дає змогу відмовитись від прокладання мереж згущення і безпосередньо на місці отримувати координати точки стояння такого приймача [14, 15] з подальшою передачею цієї інформації на ПК і в автоматизовану систему.

1.4. КІНЕМАТИЧНЕ ПОЗИЦІОНУВАННЯ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ (RTK)

Кінематичне позиціонування в реальному часі (RTK) - це застосування геодезичної зйомки для виправлення поширених помилок у сучасних супутникових навігаційних системах (GNSS) [16, 17]. Вона використовує вимірювання фази несучої хвилі сигналу на додаток до інформаційного вмісту сигналу і покладається на одну опорну станцію або інтерпольовану віртуальну станцію для надання поправок у реальному часі, забезпечуючи точність до сантиметрового рівня (див. DGNSS)[18]. Зокрема, у випадку GNSS цю систему зазвичай називають підсиленням фази несучої, або CPGNSS. Вона застосовується в геодезії, гідрографічній зйомці та в навігації безпілотних літальних апаратів.

На практиці системи RTK використовують один приймач на базовій станції та декілька мобільних пристроїв. Базова станція ретранслює фазу несучої, яку вона спостерігає, а мобільні пристрої порівнюють власні вимірювання фази з отриманими від базової станції. Існує кілька способів передачі сигналу корекції від базової станції до мобільної. Найпопулярнішим способом передачі сигналу в реальному часі за низькою вартістю є використання радіомодему, як правило, в діапазоні УВЧ. У більшості країн певні частоти виділені спеціально для цілей RTK. Більшість геодезичного обладнання має вбудований радіомодем UHF-

діапазону як стандартну опцію. RTK забезпечує підвищення точності приблизно до 20 км від базової станції [19].

Це дозволяє пристроям обчислювати своє відносне положення з точністю до міліметрів, хоча їх абсолютне положення є точним лише з тією ж точністю, що і обчислене положення базової станції. Для RTK з однією базовою станцією можна досягти точності $8 \text{ мм} + 1 \text{ ppm}$ (частин на мільйон / 1 мм на км) по горизонталі і $15 \text{ мм} + 1 \text{ ppm}$ по вертикалі відносно базової станції, в залежності від пристрою [20]. Наприклад, з базовою станцією на відстані 16 км (трохи менше 10 миль) відносна похибка по горизонталі становитиме $8 \text{ мм} + 16 \text{ мм} = 24 \text{ мм}$ (трохи менше дюйма) [21, 23, 25].

Хоча ці параметри обмежують корисність методу RTK для загальної навігації, він чудово підходить для таких завдань, як геодезична зйомка. У цьому випадку базова станція розташовується у відомому обстеженому місці, часто це орієнтир, а мобільні пристрої можуть створювати високоточну карту, виконуючи фіксацію відносно цієї точки. RTK також знайшла застосування в системах автоприводу/автопілоту, точному землеробстві, системах керування машинами та інших подібних функціях.

Мережевий RTK поширює використання RTK на більшу територію, що містить мережу опорних станцій. [8] Операційна надійність і точність залежать від щільності і можливостей мережі опорних станцій. За допомогою мережевого RTK можна досягти точності $8 \text{ мм} + 0,5 \text{ проміле}$ по горизонталі і $15 \text{ мм} + 0,5 \text{ проміле}$ по вертикалі відносно найближчої станції, залежно від пристрою [16, 22]. Наприклад, якщо базова станція знаходиться на відстані 16 км (трохи менше 10 миль), відносна похибка по горизонталі становитиме $8 \text{ мм} + 8 \text{ мм} = 16 \text{ мм}$ (приблизно 5/8 дюйма).

Мережа постійно діючих референціальних станцій (CORS) - це мережа базових станцій RTK, які передають поправки, як правило, через Інтернет-з'єднання. Точність у мережі CORS підвищується, оскільки більше ніж одна станція допомагає забезпечити правильне позиціонування і захищає від помилкової ініціалізації однієї базової станції [9].

Віртуальна опорна мережа (VRN) може аналогічно підвищити точність без використання базової станції [17], використовуючи замість неї віртуальні опорні станції (VRS). Ця концепція може допомогти задовольнити цю вимогу, використовуючи мережу референцних станцій. Типова установка CORS складається з однієї референцної станції, з якої вихідні дані (або поправки) надсилаються на приймач ровера (тобто користувачеві). Потім користувач формує різниці фаз несучих (або коригує вихідні дані) і виконує обробку даних з використанням диференціальних поправок. На противагу цьому, архітектури мереж GNSS часто використовують декілька референцних станцій. Такий підхід дозволяє точніше моделювати залежні від відстані систематичні похибки, спричинені, головним чином, іоносферною та тропосферною рефракціями, а також похибками орбіти супутника. Зокрема, мережа GNSS зменшує залежність бюджету похибок від відстані до найближчої антени.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ РОБІТ

2.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

с. Новосілки знаходиться в східній частині Здолбунівської міської громади Рівненського району Рівненської області.. Районний та обласний центр – м. Рівне знаходиться на віддалі 19 км від с. Новосілки і має добре сполучення з ним.

Загальна площа земель с. Новосілки становить 1400,6 га, з них за угіддями:

- ріллі	— 1099,00 га;
- багаторічних насаджень	— 13,50 га;
- сіножатей	— 62,24 га;
- пасовищ	— 59,56 га;
- ліси та інші лісовкриті площі	— 67,80 га
- боліт	— 3,00 га;
- забудовані землі	— 46,50 га
- інших	— 49,00 га.

На території є 23,80 га осушених земель. Вони стали і ознаки вторинного, або залишкового заболочування відсутні.

В межах с. Новосілки функціонують два сільськогосподарські підприємства: сільськогосподарський виробничий кооператив «Горинь» та закрите акціонерне товариство «Лісовик», крім того в північно-східній частині знаходиться фермерське господарство громадянина Воронюка.

2.2. КЛІМАТ.

Володимирська міська громада Володимирського району Волинської області згідно агрокліматичного районування України розташована в північній частині зони Західного лісостепу [24].

Більшість явищ і процесів, які відбуваються в природі, безпосередньо зумовлюються термічним режимом. Температура повітря зумовлюється радіаційним балансом, атмосферною циркуляцією, рельєфом, рослинним покривом, наявністю водоймищ. Сумарна кількість сонячної радіації для даної

території за рік становить 95-100 к/кал/см², радіаційний баланс 40-50 к/кал/см², гідротермічний коефіцієнт дорівнює 1,4-1,6.

Для даного району характерні: значна протяжність теплого періоду з невеликою кількістю опадів, зима з достатньою кількістю опадів і порівняно стійким сніговим покривом.

Середньорічна температура повітря позитивна і дорівнює +7°C, +8°C. Сума температур за період з середньою добовою температурою понад 10⁰ дорівнює 2450⁰. Самим теплим місяцем року є липень, середня температура повітря на протязі якого становить +23⁰C. На цей же місяць припадає абсолютний річний максимум температури, що дорівнює +37°C. Середня температура повітря в найхолоднішому для району місяці – січні, становить – 4,8°C, а абсолютний мінімум, що припадає на цей місяць, дорівнює -34°C [26].

Сума опадів за період з температурою понад 10°C, тобто на протязі активної вегетації становить 340 мм, що складає приблизно 2/3 річної кількості опадів (589 мм). На протязі холодного періоду року випадає 148 мм опадів, а теплого - 441 мм. Розподіл опадів по території сільської ради більш-менш рівномірний, зумовлюється невеликою площею господарства і компактністю.

Сніговий покрив на території господарства встановлюється в жовтні-листопаді, стійкий - в третій декаді грудня. Руйнування снігового покриву починається в кінці лютого - на початку березня, а сходиться він у другій половині березня, інколи затримується до другої декади квітня. В окремі роки постійний сніговий покрив не утворюється. Загальна кількість днів з сніговим покривом коливається від 43 до 111 на рік.

Висота снігового покриву в середньому коливається по декадах від 1 до 7 см, а середня з найбільших декадних висот за зиму становить 13-16 см. Середні запаси води в снігу коливаються в межах 34-42 мм, а найбільші 61-115мм.

Середня глибина промерзання ґрунту 50 см, з коливанням від 28 до 88 см.

В цілому, кліматичні умови на території с. Новосілки по кількості тепла, світла і вологи сприятливі для вирощування основних районованих сільськогосподарських культур. Таким чином кліматичні умови території

господарства слід вважати сприятливими для сільськогосподарського виробництва.

2.3. РЕЛЬЄФ.

Територія с. Новосілки розташована в південно-східній частині Волино-Подільської геоморфологічної області, підобласті Волинської височини. В межах сільської ради це периферійна частина слабохвилястої згладженої рівнини, густо розчленованої в напрямку до долин верхів'ями балок. Переважають слабо випуклі, майже плоскі поверхні та схили крутизною 1-2°, де ерозія практично відсутня, або проявляється слабо [27].

Основними ґрунтоутворюючими породами для більшості сформованих на території сільської ради ґрунтів служать лесовидні відклади та продукти вивітрювання мергелів.

Територія господарства розташована в межах гідрологічного району південного схилу Львівсько-Волинського артезіанського басейну.

Основним джерелом зволоження ґрунтів служать води атмосферних опадів. За показником природної тренованості, який визначається взаємозв'язком між ґрунтоутворюючими і підстилаючими породами їх водопроникністю, приуроченістю до конкретного елементу рельєфу, територію сільської ради можна відвести до природно-інтенсивнодренованої.

2.4. ҐРУНТИ.

Ґрунтовий покрив с. Новосілки представлений такими генетичними групами ґрунтів [28]:

- сірими лісовими ґрунтами;
- чорноземами;
- чорноземно-лучними;
- лучними;
- лучно-болотними.

Отже, територія району характеризується різноманітністю ґрунтового покриву, яке викликане складністю ґрунтоутворюючих процесів.

Основними процесами ґрунтотворення є підзолистий, дерновий і болотний.

Провідна роль в процесах ґрунтотворення в даний період належить трав'янистій рослинності. Її роль в розвитку чорноземів полягає в тому, що під її впливом інтенсивно розвивається дерновий процес, внаслідок чого ґрунт збагачується на гумус, який формується як за рахунок надземної частини рослин, так і за рахунок їх кореневої системи.

Територія с. Новосілки, згідно агроґрунтового районування України розташована в вододільному, розчленованому, з однорідним ґрунтовим покривом з чорноземів типових малогумусних південної рівнини з підвищеною вологістю Західної провінції зони лісостепу.

Ґрунтовий покрив господарства представлений, в основному, чорноземами типовими глибокими малогумусними. В понижених формах рельєфу під впливом ґрунтових вод сформувалися лучні, лучно-чорноземні та мочаристі ґрунти.

2.5. ҐРУНТОВІ ТА ПОВЕРХНЕВІ ВОДИ.

Поверхневі води на території с. Новосілки представлені ставками, які займають незначну площу .

Зволоження ґрунтів проходить, в основному, за рахунок атмосферних опадів. Важливе господарське значення мають ґрунтові води. Глибина залягання ґрунтових вод тісно пов'язана з характером рельєфу і літологічним складом порід.

На вододілах з хорошою дренажістністю ґрунтові води залягають на глибині 8-10 м і не приймають участі в ґрунтоутворюючому процесі. Тут єдиним джерелом живлення вологою служать атмосферні опади. На пологих ділянках схилів вододільних сідловин ґрунтові води залягають на глибині 2-3-5 м, внаслідок наявності водотривкого шару, що проявляється в оглеєнні нижньої частини ґрунтового профілю.

По днищах балок рівень ґрунтових вод досить високий - від 0,5-1,2 м до 1,8-2,5 м, що сприяє розвитку перезволожених ґрунтів.

По всій території сільської ради ґрунтові води прісні і можуть використовуватися для водопостачання.

2.6. РОСЛИННІСТЬ.

Рослинний покрив створюючи біологічний кругообіг зольних речовин і постачаючи органічними рештками, є одним з ведучих факторів ґрунтоутворення. Різна за видом, складом рослинність втягує в біологічний кругообіг неоднакову кількість зольних елементів і в різних співвідношеннях щорічно постачає різну кількість органічних речовин, які перетворюються в ґрунтовий гумус, який визначає особливості повітряного, водного і теплового режимів ґрунтів. Для кожної рослинної формації характерний певний річний біологічний цикл перетворення органічної речовини в ґрунті. Він конкретизується її кількістю і особливостями складу, поступанням в ґрунт, процесами розкладу і взаємодією продуктів розкладу з мінеральною частиною ґрунту. Тому відмінності в рослинності спричиняють відмінності в ґрунтовому покриві [26].

Лісова рослинність на території господарства збереглася на вододілах і представлена грабово-дубовими лісами з дубом у першому ярусі і грабом - у другому. Місцями домінують липа, берест, ясен звичайний, береза бородавчаста. Підлісок з домінуванням ліщини, чагарниково - трав'яний покрив з переважанням чорниці, зірочника лісового, квасниці звичайної, моренки запашної.

2.7. ІСНУЮЧЕ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДУ.

2.7.1. Землі сільськогосподарського призначення.

Загальна площа земель сільськогосподарського призначення складає 1266,1 га. Ця площа включає сільськогосподарські угіддя, землі під господарськими

будівлями і дворами, землі під господарськими шляхами і прогонами та інші землі [29].

Площа сільськогосподарських угідь становить 1234,3 га, з них ріллі – 1099,0 га, багаторічних насаджень – 13,5 га, сіножатей – 62,24 га, пасовищ – 59,56 га.

Площа під господарськими будівлями і дворами становить 20,6 га.

Господарські шляхи і прогони займають 11,0 га, а інші землі – 0,2 га.

Земельні угіддя розташовані компактними масивами на рівнинних формах рельєфу. Орні землі займають підвищені форми рельєфу. Кормові угіддя розташовані в основному на осушених землях.

2.7.2. Землі житлової та громадської забудови.

Землі цієї категорії розташовані в межах населених пунктів і площі земель слідує:

- землі житлової забудови – 92,70 га;
- землі громадського призначення – 49,50 га.

Населені пункти мають вулиці в основному з твердим покриттям та зв'язок із районним і обласним центрами.

Землі, які розташовані в межах населених пунктів знаходяться у віданні територіальної громади, тобто розпорядження землями територіальних громад та передача земельних ділянок під індивідуальне житлове будівництво, особисті селянські господарства, тощо проводиться за рішенням і з дозволу громади (ст.12 Земельного кодексу України).

2.7.3. Землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення, землі оздоровчого призначення, землі рекреаційного призначення, землі історико - культурного призначення.

На території с. Новосілки земель, які відносяться до даних чотирьох категорій немає.

2.7.4. Землі лісового фонду

На території с. Новосілки землі цієї категорії становлять 66,8 га. Вони використовуються закритим акціонерним товариством «Лісовик».

2.7.5. Землі водного фонду

До земель водного фонду землекористування належать 8,00 га земель. Площі, які зайняті під водою складають 5,00 га, з них: канали – 2,00 га, ставки – 3,00 га. Крім цього до водного фонду входять болота, які займають 3,00 га.

2.7.6. Землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення.

На території с. Новосілки розташовано 18,77 га земель інших землекористувачів. Назви їх та площі наведені в експлікації (табл. 2.1.)

Таблиця 2.1

Експлікація земель по землекористувачах на території с. Новосілки

Назва землекористувачів та категорії земель	Площа, га
1. СВК «Горинь»	936,92
2. ЗАТ «Лісовик»	66,80
3. Фермерське господарство Воронюка	13,90
4. Особисті підсобні господарства	92,70
5. Землі загального користування населених пунктів	49,50
6. Клуб с.Новосілки	0,70
7. Медпункт с.Новосілки	0,20
8. Ветдільниця с. Новосілки	0,50
9. Дитячий садок с. Новосілки	0,25
10. Початкова школа с.Новосілки	2,00
11. Скотомогильник	0,20
12. Магазин с.Новосілки	0,05
13. Церква с.Новосілки	1,00
14. Районна електромережа	0,27
15. Районна шляхова ремонтно-будівельна діляниця	13,20
16. Кладовище	1,50
17. Сільська Рада	0,40
18. Землі запасу	89,12
19. Землі резерву	131,39
Всього:	1400,60

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБГРУНТУВАННЯ

3.1. СКЛАДАННЯ ПРОЕКТУ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБГРУНТУВАННЯ КЛАСИЧНИМИ МЕТОДАМИ.

Створення геодезичного обґрунтування класичними методами включає в себе створення геодезичного обґрунтування наступними методами: полігонометрії, тріангуляції, трилатерації, теодолітних ходів, електронно-блокової тахеометрії та інші способи, в яких використовуються теодоліти, мірні стрічки, світловідалеміри, електронні тахеометри та інші класичні геодезичні прилади [9].

Геодезичне обґрунтування на територію с. Новосілки класичними методами запроектоване поєднанням полігонометрії та теодолітних ходів.

3.1.1. Складання проектів геодезичного обґрунтування методом полігонометрії.

Мережі полігонометрії 4 класу, 1 і 2 розрядів створюються у вигляді окремих ходів або систем ходів. Окремий хід полігонометрії повинен опиратися на два вихідних пункти. При створенні полігонометричних мереж слід уникати переходу від дуже коротких сторін до найдовших. Полігонометричні ходи прокладаються з допомогою теодолітів, світловідалемірів та електронних тахеометрів при умові, що дані прилади забезпечать необхідні вимоги до точності та вимірювання довжин.

На території с. Новосілки з метою створення геодезичного обґрунтування запроектовано три полігонометричні ходи I розряду, які опираються на три пункти полігонометрії 4 класу і сходяться на вузловій точці. Згідно з інструкцією з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 [6] дані полігонометричні ходи мають наступні характеристики, які наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Характеристика полігонометрії I розряду.

Показники	Допустимі	Запроектовані		
		I	II	III
Довжина ходу, км: між вихідною і вузловою точками	5,000	3,147	2,485	3,221
Довжина сторін ходу, км найбільша найменша	0,800 0,120	0,743 0,440	0,781 0,551	0,794 0,309
Кількість сторін у ході	15	5	4	6

Проект геодезичного обґрунтування створений методом полігонометрії представлений на графічному матеріалі «Проект геодезичного обґрунтування класичними методами для потреб земельно-реєстраційної системи на території с. Новосілки» (Додаток А).

Загальний опис полігонометричних ходів представлений в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Загальний опис полігонометричних ходів

Назва	Цифрове значення
Кількість вихідних пунктів	3
Кількість пунктів, що визначаються	13
Кількість станцій вимірів	16
Кількість вимірюваних напрямків	27
Кількість вимірюваних ліній	27

3.2. СКЛАДАННЯ ПРОЕКТУ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДОМ ТЕОДОЛІТНИХ ХОДІВ

Теодолітні ходи з використанням теодолітів, мірних стрічок та рулеток прокладаються з граничними відносними похибками 1:3000, 1:2000, 1:1000 у відповідності з таблицею 3.3.

Таблиця 3.3

Допустимі довжини ходів між вихідними пунктами, км

Масштаб	На забудованій території $m_s = 0,2 \text{ мм}$			На незабудованій території $m_s = 0,3 \text{ мм}$	
	$\frac{1}{N} = \frac{1}{3000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$
1:5000	6,0	4,0	2,0	6,0	3,0
1:2000	3,0	2,0	1,0	3,6	1,5
1:1000	1,8	1,2	0,6	1,5	1,5
1:500	0,9	0,6	0,3		—

У системах теодолітних ходів гранично допустимі довжини ходів між вузловими точками або між вихідним пунктом і вузловою точкою повинні бути на 30% менше приведених у таблиці 3.1.

Довжини сторін у теодолітних ходах з використанням теодолітів, мірних стрічок та рулеток мають бути в таких межах:

на забудованих територіях не більше 350 м і не менше 20 м;

на не забудованих територіях не більше 350 м і не менше 40 м.

Теодолітні ходи з використанням оптичних теодолітів і світловіддалемірів та електронних тахеометрів прокладаються з граничними відносними похибками 1:2000.

Довжини сторін у таких теодолітних ходах мають бути в таких межах:

на забудованих територіях не більше 1000 м і не менше 20 м;

на не забудованих територіях не більше 1500 м і не менше 40 м.

Сторони теодолітних ходів вимірюються світловіддалемірами, оптичними далекомірами, електронними тахеометрами, редуційними тахеометрами, далекомірами в одному напрямку або у прямому і зворотному напрямках сталевими 20-метровими стрічками, рулетками й іншими приладами, що забезпечують необхідну точність вимірів.

Теодолітні ходи повинні прокладатися по місцевості, зручної для лінійних вимірів. Поворотні точки вибираються так, щоб забезпечувалися зручність

постановки приладу і зручність для ведення зйомки. Теодолітні ходи не повинні перетинати лінії полігонометрії.

Кути в теодолітних ходах вимірюються теодолітами або тахеометрами не менше чим з 30-секундною точністю.

На території с. Новосілки з метою створення геодезичного обґрунтування для потреб земельно-реєстраційної системи запроєктовано три теодолітні ходи, які опираються на три пункти полігонометрії I розряду, крім того виходячи з економічних міркувань та міркувань недоцільності проектування теодолітного ходу запроєктований один пункт на межі кадастрового кварталу, який визначається з 4 пунктів полігонометрії прямою засічкою і який являється пунктом геодезичного обґрунтування. Перший теодолітний хід опирається на два полігонометричні пункти I розряду. Другий хід опирається на пункт полігонометрії I розряду та на пункт першого теодолітного ходу. Третій теодолітний хід у зв'язку з природними умовами (ліс, рельєф) запроєктовано висячим при цьому всі вимоги до прокладання висячих ходів згідно з інструкцією з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 витримані.

Дані теодолітні ходи мають слідуючі загальні характеристики, які наведені в таблиці 3.4.

Проект геодезичного обґрунтування створений методом теодолітних ходів представлений на графічному матеріалі «Проект геодезичного обґрунтування класичними методами для потреб земельно-реєстраційної системи на території Новосіклівської сільської ради Володимир-Волинського району Волинської області».

Загальний опис теодолітних ходів представлений в таблиці 3.5.

Таблиця 3.4

Характеристика теодолітних ходів

Показники	Допустимі	Запроектовані		
		I	II	III
Довжина ходу, км:	7,000	3,108	1,126	1,237
Довжина сторін ходу, км найбільша найменша	1,500	0,702	0,637	0,746
	0,020	0,149	0,135	0,491
Кількість сторін у ході	20	6	4	2

Таблиця 3.5.

Загальний опис теодолітних ходів

НАЗВА	ЦИФРОВЕ ЗНАЧЕННЯ
Кількість вихідних пунктів	4
Кількість пунктів, що визначаються	9
Кількість станцій вимірів	11
Кількість вимірюваних напрямків	22
Кількість вимірюваних ліній	22

3.3. ПОПЕРЕДНІЙ РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ

Попередній розрахунок точності запроектованих геодезичних мереж, було оброблено за допомогою системи автоматизованої обробки результатів топографо-геодезичних робіт –«ІНВЕНТГРАД».

Система «ІНВЕНТГРАД» є розробкою науково-виробничого центру «Геодезкартінформатика» Українського аерогеодезичного підприємства Головного управління геодезії, картографії і кадастру при Кабінеті Міністрів України спільно з лабораторією математичних методів обробки інженерно-геодезичних вишукувань Науково-дослідного інституту автоматизованих систем в будівництві (НДІАСБ).

«ІНВЕНТГРАД» виконує автоматизовану обробку результатів польових топографо-геодезичних робіт з урівнювання планово-висотного обґрунтування, формування контурів ділянок і угідь землекористування, складання звітних

матеріалів і обмінного файлу для забезпечення зв'язку з різними кадастровими та геоінформаційними системами.

Забезпечуються дві технології виконання робіт:

- територіальна, при якій об'єктом інвентаризації є район, секція, населений пункт або квартал;
- землекористувацька, при котрій об'єктом інвентаризації є землекористувач і всі його ділянки землекористування.

Основою системи є застосування строгих методів обробки даних геодезичного обґрунтування, топографічних знімів та дигіталізації існуючих картографічних матеріалів. Вирахування площ контурів супроводжується оцінкою точності площ, виконаною за середніми квадратичними помилками положення точок, отриманих автоматично в результаті обробки геодезичних мереж і топографічних знімів. Підтримуються різні класи точності виконання топографо-геодезичних робіт.

Програма зручна при інвентаризації масивів земельних ділянок, так як виключає можливість накладання меж ділянок, що може відбуватись при інвентаризації кожної ділянки окремо. Крім того, заноситься в базу даних не тільки інформація про математичну основу об'єктів інвентаризації, але й так звана семантична інформація, тобто інформація про:

- форму власності на цю ділянку;
- землекористувача чи землевласника;
- склад угідь на цій ділянці;
- площу ділянки в цілому і в розрізі угідь;
- землекористувачів чи землевласників, які межують з даною ділянкою.

Всі вище приведені можливості не є повними і обмеженими, так як користувач, при набутті деякого досвіду, може сам формувати необхідні йому відомості, користуючись, звичайно, вже попередньо створеною базою даних на об'єкт, що інвентаризується.

Графічні матеріали, які створюють програмний комплекс, можуть бути викреслені в будь-якому стандартному форматі починаючи з А4 до А1, за наявності відповідних технічних засобів. Крім цього базу даних можна створювати з існуючих планово-картографічних матеріалів при застосуванні дигітайзера, а також переносити інформацію в базу безпосередньо з польових реєстраторів і накопичувачів інформації.

База даних, створена в цій системі, може використовуватись в різноманітних геоінформаційних комплексах при вирішенні спеціальних завдань як землевпорядної, так і загально-інженерної тематики.

В умовах, коли в країні проходить земельна реформа, застосування цієї системи дає великий вигаш в часі і в якості виконуваних робіт, що, звичайно, відповідає завданням самої реформи. Комплексне вирішення питань інвентаризації, яке пропонується при використанні системи «ІНВЕНТГРАД», дасть змогу в подальшому зменшити кількість невизначеностей в землекористуваннях і землевласностях, перейти до автоматизованого управління земельними ресурсами країни, тахеометрії.

Попередній розрахунок точності геодезичного обґрунтування класичними методами включає в себе попередній розрахунок точності полігонометрії та попередній розрахунок точності теодолітних ходів.

Завдання на попередній розрахунок точності полігонометрії та теодолітних ходів наведено відповідно в таблицях 3.6 і 3.7.

Середні квадратичні похибки вимірювання кутів і довжин ліній були встановлені шляхом підбору, щоб забезпечити регламентовану «Положенням по земельно-кадастровій інвентаризації земель населених пунктів» граничну похибку точок знімального обґрунтування в розмірі 40 см.

Таблиця 3.6.

Загальне завдання на розрахунок ходів полігонометрії

Назва	Цифрове значення
Номер версії	21
Тип розрахунку	4
Метод виміру ліній	2
Розмірність виміру кутів	Градуси
Серед.кв.помилка напрямку, (")	5,00
Серед.кв.помилка лінії, (мм)	20,00
Приведення ліній до горизонту	N
Редукування ліній на площину Гаусса-Крюгера	N
Приведення ліній на рівень еліпсоїда	N
Редукування напрямків на площину Гаусса-Крюгера	N

Таблиця 3.7.

Загальне завдання на розрахунок теодолітних ходів

Назва	Цифрове значення
Номер версії	21
Тип розрахунку	4
Метод виміру ліній	2
Розмірність виміру кутів	Градуси
Серед.кв.помилка напрямку, (")	10,00
Серед.кв.помилка лінії, (мм)	40,00
Приведення ліній до горизонту	N
Редукування ліній на площину Гаусса-Крюгера	N
Приведення ліній на рівень еліпсоїда	N
Редукування напрямків на площину Гаусса-Крюгера	N

Попередня оцінка точності виконана для полігонометрії [30–32], окремо для перших двох теодолітних ходів і окремо для третього (висячого) ходу, тому що теодолітні ходи спираються на різні вихідні пункти полігонометрії (перших два на однакові пункти полігонометрії, а третій на інший). Результати попередньої оцінки точності представлені каталогами координат та результатами оцінки точності груп кутових та лінійних вимірів. Відповідно,

полігонометрії в таблиці 3.8, 3.9, 3.10 і теодолітних ходів 3.11, 3.12, 3.13 (перші два теодолітні ходи) та 3.14, 3.15, 3.16 (третій хід).

Таблиця 3.8.

Каталог координат пунктів полігонометрії

Назва	Координати		Дирекційний кут.	На пункт	Довжини (м)	Середньо-квадратичні похибки					Відносна похибка
	X (т)	Y (т)				X (м)	Y (м)	МХУ (и)	сторон (м)	дир.кут (сек)	
10	3260,000	725,000	303 58 3.1 118 27 17.4	102 9	743.30 711.20	0,0178	0,0168	0,0244	0.0162 0.0129	6.5830 4.0243	1: 35273 1: 68460
9	2840,000	1500,000	298 27 17.4 118 24 45.6	10 8	711.20 693.54	0,0252	0,0202	0,0323	0.0129 0.0129	4.0243 4.2989	1: 68460 1: 53863
8	2510,000	2110,000	298 24 45.6 134 16 29.2	9 7	693.54 558.66	0,0212	0,0177	0,0277	0.0129 0.0130	4.2989 5.5763	1: 53863 1: 43135
7	2120,000	2510,000	314 16 29.2 88 41 53.0	8 6	558.66 440.11	0,0125	0,0132	0,0182	0.0130 0.0132	5.5763 5.8369	1: 43135 1: 33297
6	2130,000	2950,000	268 41 53.0 83 39 35.3 180 0 0.0	7 5 11	440.11 543.32 595.00				0.0132 0.0138 0.0132	5.8369 5.8908 5.0745	1: 33297 1: 39236 1: 45128
11	1535,000	2950,000	0 0 0.0 204 57 17.1	6 12	595.00 557.00	0,0132	0,0146	0,0197	0.0132 0.0128	5.0745 4.3842	1: 45128 1: 43527
12	1030,000	2715,000	24 57 17.1 225 15 33.3	11 13	557.00 781.36	0,0166	0,0197	0,0257	0.0128 0.0128	4.3842 3.5081	1: 43527 1: 60993
13	480,000	2160,000	45 15 33.3 223 31 52.3	12 101	781.36 551.72	0,0148	0,0166	0,0222	0.0128 0.0160	3.5081 5.7810	1: 60993 1: 34551
5	2190,000	3490,000	263 39 35.3 172 18 14.2	6 4	543.32 373.36	0,0155	0,0138	0,0208	0.0138 0.0133	5.8908 6.6333	1: 39236 1: 28071
4	1820,000	3540,000	352 18 14.2 112 50 1.2	5 3	373.36 309.23	0,0192	0,0172	0,0258	0.0133 0.0133	6.6333 5.9624	1: 28071 1: 23182
3	1700,000	3825,000	292 50 1.2 148 57 53.6	4 2	309.23 688.57	0,0215	0,0214	0,0303	0.0133 0.0131	5.9624 4.4781	1: 23182 1: 52706
2	1110,000	4180,000	328 57 53.6 152 37 40.9	3 1	688.57 793.88	0,0221	0,0233	0,0321	0.0131 0.0131	4.4781 4.2807	1: 52706 1: 60689
1	405,000	4545,000	332 37 40.9 142 7 30.1	2 100	793.88 513.08	0,0174	0,0163	0,0239	0.0131 0.0168	4.2807 6.8261	1: 60689 1: 30560

Середньо-квадратична похибка одиниці ваги = 5.000 сек

Таблиця 3.9.

Результати оцінки точності груп кутових та лінійних вимірів ходів
полігонометрії при створенні геодезичного обґрунтування класичними
методами

Ном. Груп	Назви станцій вимірювання в групі рівноточних вимірів	Число станцій	Число вимірів	СКП вим. Велич.	Вага вим. Велич
1	10 9 8	3	6	0,979	1,000
1	7 6 11 12 13 5 4 3 2 1	13	27		

Таблиця 3.10.

Результати оцінки точності груп кутових та лінійних вимірів ходів полігонометрії при створенні геодезичного обґрунтування класичними методами

Ном. Груп	Назви станцій вимірювання в групі рівноточних вимірів			Число станцій	Число вимірів	СКП вим. Велич.	Вага вим. Велич
1	10	9	8	3	6	0,027	1,000
1	7	6	11	13	27		
	12	13	5				
	4	3	2				
	1						

Таблиця 3.11.

Каталог координат пунктів теодолітних ходів

Назва	Координати		Дирекційний кут.	На пункт	Довжини (м)	Середньо-квадратичні похибки					Відносна похибка
	X (т)	Y (т)				X (м)	Y (м)	МХУ (и)	сторон (м)	дир.кут (сек)	
1	2300,000	3590,000	222 16 25.3 19 5 36.6	P5 2	148.66 275.14	0,0272	0,0267	0,0381	0,0359 0,0274	17.797 13.280	1: 4141 1: 10025
2	2560,000	3680,000	199 5 36.6 71 58 31.0	1 3	275.14 662.51	0,0338	0,0382	0,0510	0,0274 0,0262	13.280 9.7605	1: 10025 1: 25324
3	2765,000	4310,000	251 58 31.0 132 14 40.5	2 4	662.51 661.91	0,0318	0,0462	0,0561	0,0262 0,0268	9.7605 10.492	1: 25324 1: 24667
4	2320,000	4800,000	312 14 40.5 207 8 58.9	3 5	661.91 657.44	0,0309	0,0284	0,0419	0,0268 0,0273	10.492 9.9838	1: 24667 1: 24105
5	1735,000	4500,000	27 8 58.9 207 6 44.8 296 33 54.2	4 p2 8	657.44 702.16 637.28				0,0273 0,0252	9.9838 6.6190	1: 24105 1: 25316
6	2120,000	3605,000	301 19 43.3 90 0 0.0	P5 7	134.63 165.00	0,0176	0,0275	0,0326	0,0307 0,0254	17.123 12.631	1: 4389 1: 6508
7	2120,000	3770,000	270 0 0.0 122 0 19.4	6 8	165.00 188.68	0,0218	0,0289	0,0362	0,0254 0,0252	12.631 9.2293	1: 6508 1: 7484
8	2020,000	3930,000	302 0 19.4 116 33 54.2	7 5	188.68 637.28	0,0215	0,0243	0,0324	0,0252 0,0252	9.2293 6.6190	1: 7484 1: 25316

Середньо-квадратична похибка одиниці ваги = 5.000 сек

Таблиця 3.11.

Результати оцінки точності груп кутових та лінійних вимірів теодолітних ходів при створенні геодезичного обґрунтування класичними методами

Ном. Груп	Назви станцій вимірювання в групі рівноточних вимірів			Число станцій	Число вимірів	СКП вим. Велич.	Вага вим. Велич
1	1	2	3	3	6	1,272	1,000
	4	5	6	8	17		
	7	8					
1							

Таблиця 3.12.

Результати оцінки точності груп кутових та лінійних вимірів теодолітних ходів при створенні геодезичного обґрунтування класичними методами

Ном. Груп	Назви станцій вимірювання в групі рівноточних вимірів			Число станцій	Число вимірів	СКП вим. Велич.	Вага вим. Велич
1	1	2	3	3	6	0,029	0,022
	4	5	6	8	17		
	7	8					
1							

Таблиця 3.13

Каталог координат пунктів теодолітних ходів при створенні геодезичного обґрунтування класичними методами

Назва	Координати		Дирекційний кут.	На пункт	Довжини (м)	Середньо-квадратичні похибки					Відносна похибка
	X (r)	Y (r)				X (м)	Y (м)	МКУ (м)	сторон (м)	дир.кут (сек)	
11	2555,000	1100,000	54 31 48.5 156 42 1.9	P9 12	491.15 745.82	0,0320	0,0302	0,0440	0.0283 0.0283	14.142 20.000	1: 17365 1: 26369
P9	2840,000	1500,000	298 27 17.4 234 31 48.5	P10 11	881.49 491.15				0,0283	14,142	1: 17365
12	1870,000	1395,000	336421,9	11	745,82	0,0375	0,0853	0,0932	0,0283	20,000	1: 26369

Середньо-квадратична похибка одиниці ваги = 10.000 сек

Таблиця 3.13

Результати оцінки точності груп кутових та лінійних вимірів теодолітних ходів при створенні геодезичного обґрунтування класичними методами

Ном. Груп	Назви станцій вимірювання в групі рівноточних вимірів	Число станцій	Число вимірів	СКП вим. Велич.	Вага вим. Велич
1	11 Р9 12	3	6	1,549	1,000

Таблиця 3.14

Результати оцінки точності груп кутових та лінійних вимірів теодолітних ходів при створенні геодезичного обґрунтування класичними методами

Ном. Груп	Назви станцій вимірювання в групі рівноточних вимірів	Число станцій	Число вимірів	СКП вим. Велич.	Вага вим. Велич
1	11 Р9 12	3	6	0,025	0,016

3.4. СКЛАДАННЯ ПРОЕКТУ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДОМ GNSS- СПОСТЕРЕЖЕНЬ.

На території Новосілківської сільської ради з метою створення геодезичного обґрунтування для подальшої зйомки кадастрових кварталів було запроєктовано 11 GNSS-пунктів [33, 34]. Дані пункти були запроєктовані таким чином, щоб між ними була видимість для подальшої зйомки одним із класичних методів. GNSS-пункти розміщені біля доріг, на кургані для їх подальшого збереження, крім того вибрані місця, де відсутні перешкоди для поширення сигналу від супутника при кутах місця понад 15° , відсутні відбиваючі поверхні, відсутні електричні пристрої. Метод спостереження для визначення координат точок задаємо псевдо статичний, опис якого і точність наведено в розділі 4. В подальшому передбачається прив'язка мережі до трьох пунктів державної геодезичної мережі, на яких обов'язково буде виконуватись GNSS -спостереження.

Проект геодезичного обґрунтування створений методом GNSS - спостережень представлений на графічному матеріалі «Проект створення геодезичного обґрунтування методом GNSS -спостережень для потреб земельно-реєстраційної системи на території Новосілківської сільської ради Володимир-Волинського району Волинської області».

3.4.1. Методи спостереження супутників GNSS та джерела похибок.

Принципи роботи системи GNSS. Сучасні підходи до створення кадастрових баз даних припускають широке використання сучасних методів геодезичних вимірів, насамперед GNSS-технологій. Супутникова радіонавігаційна система або як вона інакше називається, глобальна система визначення місця розташування GNSS забезпечує високоточні визначення координат і швидкості об'єктів у будь-якій точці земної поверхні, у будь-який час доби, у будь-яку погоду, а також точний вимір часу [16, 17].

Загальний принцип роботи. У навколоземному просторі розгорнута мережа штучних супутників Землі (ШСЗ), що рівномірно покривають усю земну поверхню. Орбіти ШСЗ обчислюються з дуже високою точністю, тому в будь-який момент часу відомі координати кожного супутника. Радіопередавачі супутників безупинно випромінюють сигнали в напрямку Землі. Ці сигнали приймаються GNSS - приймачем, що знаходиться в деякій точці земної поверхні, координати котрої потрібно визначити. У приймачі вимірюється час поширення сигналу від ШСЗ і обчислюється віддаль "супутник-приймач" (радіосигнал, як відомо, поширюється зі швидкістю світла). Оскільки для визначення місця розташування точки потрібно знати три координати (плоскі координати X , Y і висоту H), то в приймачі повинні бути виміряні відстані до трьох різних ШСЗ.

Очевидно, при такому методі радіонавігації точне визначення часу поширення сигналу можливо лише при наявності синхронізації тимчасових шкал супутника і приймача. Тому до складу апаратури ШСЗ і приймача входять еталонні годинники (стандарти частоти), причому точність супутникового еталона часу винятково висока (довгострокова відносна стабільність частоти забезпечується на рівні $(10^{-13}) - (10^{-15})$ за добу. Бортові годинники всіх ШСЗ синхронізовані і прив'язані до так званого "системного часу". Еталон часу GNSS - приймача не такий точний, як в супутнику, щоб надмірно не підвищувати його вартість. Цей еталон повинний забезпечувати тільки короточасну стабільність частоти – протягом процедури вимірів.

На практиці у вимірах часу завжди є присутня помилка, обумовлена розбіжністю шкал годинників ШСЗ і приймача. З цієї причини в приймачі обчислюється спотворене значення дальності до супутника або «псевдовіддаль». Виміри відстаней до всіх ШСЗ, із якими в даний момент працює приймач, відбуваються одночасно. Отже, для усіх вимірів розмір тимчасової невідповідності можна вважати постійним. З математичної точки зору це еквівалентно тому, що невідомими є не тільки координати X , Y і H , але й поправка годинника приймача Δt . Для їхнього визначення необхідно виконати виміри псевдовіддалей не до трьох, а до чотирьох супутників. У результаті опрацювання цих вимірів у приймачі обчислюються координати (X , Y і H) і точний час.

Таким чином, для виконання необхідних навігаційних визначень треба забезпечити постійну видимість, як мінімум, чотирьох супутників. Після повного розгортання сузір'я ШСЗ у будь-якій точці Землі можуть бути значні від 5 до 12 супутників у довільний момент часу. Сучасні GNSS - приймачі мають від 300 каналів, тобто можуть одночасно приймати сигнали від такої кількості ШСЗ [10]. Надлишкові виміри (понад чотирьох) дозволяють підвищити точність визначення координат і забезпечити безперервність рішення навігаційної задачі.

Структура системи. До складу системи входять:

- сузір'я ШСЗ (космічний сегмент);
- мережа наземних станцій спостереження і керування (сегмент керування);
- власне GNSS - приймач (апаратура споживачів).

Космічний сегмент. Складається з 24 супутників, що обертаються на 6 орбітах. Площини орбіт нахилені під кутом біля 55° до площини екватора і зміщенні між собою на 60° по довготі. Радіуси орбіт – біля 26 тис. км, а період обертання – половина зоряної доби (приблизно 11 год. 58 хв.).

Методи спостережень. Вибір методу спостережень в геодезичній GNSS - зйомці залежить від вимог конкретного проекту, серед яких головну роль відіграє вимога до точності.

Є декілька методів виконання спостережень. Вибір конкретного методу залежить від наступних чинників:

- необхідний рівень точності;
- технічні можливості приймача і наявність відповідного програмного забезпечення;
- характер навколишньої місцевості і метеоумови;
- наявність обмежень на переїзд між пунктами, що спостерігаються і відстань між ними;
- конфігурація супутникової системи і кількість супутників, що спостерігаються;
- наявність засобів зв'язку.

Для рішення різних задач розроблений ряд методів виконання вимірів. Ці методи відрізняються технологією виконання робіт і одержуваною точністю обчислення вектора бази.

Статичний метод (Static Positioning).

Назва методу означає, що приймачі не переміщуються протягом усього інтервалу спостереження. Базовий приймач і приймач із невідомими координатами одночасно виконують спостереження і записують дані протягом 15 хв. – 3 год. Така тривалість сесії викликана необхідністю визначення цілочисельної неоднозначності фаз на початку сесії. Цьому сприяє і помітна зміна згодом конфігурації супутникової системи. Одночастотні приймачі використовуються для виміру баз довжиною до 10-15 км, а двохчастотні – для баз більше 15 км. Після завершення сеансів спостережень дані, отримані кожним приймачем, збираються разом, вводяться в комп'ютер і оброблюються за допомогою спеціальних програм із метою визначення невідомих координат пунктів. Точність даного методу $mL=3-5 \text{ мм}=1 \text{ мм} * D * 10^{-6}$

Псевдостатичний метод (Pseudo-Static Positioning).

Відрізняється від статичного тим, що забезпечує більш високу продуктивність зйомки за рахунок виконання спостережень протягом декількох коротких сесій замість однієї довгої. Один приймач безупинно спостерігає на

базовому пункті. Перевезений приймач після спостережень протягом 5-10 хвилин на обумовленому пункті виключається і перевозиться на наступний обумовлений пункт, де знову включається на 5-10 хвилин. Потім знову виключається і перевозиться на наступний пункт і т.д. Кожний обумовлений пункт необхідно відвідати ще раз на 5 хвилин через 1 годину після першого проведення. Цей метод практично еквівалентний статичному, але замість того, щоб очікувати протягом 1 години зміни конфігурації супутників, спостереження проводяться протягом 5 хвилин, а наступні 5 хвилин спостерігаються з запізненням в одну годину, коли конфігурація істотно змінилася і 55 хвилин, що залишаються можна використовувати для визначення додаткових невідомих пунктів. Точність одержуваних результатів буде на рівні статичного методу. Для спостережень можуть використовуватися як одночастотні, так і двохчастотні приймачі. Метод зручний, коли необхідно протягом короткого часу зробити точне вимірювання координат великої кількості точок. Недоліком методу є необхідність точного планування графіка відвідування пунктів.

Швидкий статичний метод (Rapid Static Positioning).

Цей метод був розроблений в останні роки. Він дозволив значно збільшити продуктивність GNSS зйомки. Метод відрізняється від псевдостатичного тим, що досить лише одного відвідування обумовлених пунктів (протягом 5-10 хвилин – у залежності від відстані між опорним і обумовленим пунктами).

Кінематичний метод «стій-іди» (Stop-and-Go Kinematic Positioning).

Метод дозволяє одержати положення пунктів так само швидко, як і у випадку використання електронного тахеометра при рішенні топографічних задач. Метод вимагає виконання короткої процедури ініціалізації з метою визначення цілочисельних багатозначностей фаз. Після цього опорний приймач продовжує безупинно спостерігати на пункті з відомими координатами, другий приймач перевозиться (у включеному стані) на перший обумовлений пункт, де знову спостерігає 1 хвилину. Потім він відвідує всі інші обумовлені пункти (лише один раз).

Точність методу вдвічі грубіша, ніж в статичному методі.

Метод ефективний при виконанні топографічної зйомки, коли за короткий час необхідно визначити координати великого числа точок, при побудові цифрових моделей рельєфу, визначенні місця розташування об'єктів місцевості, що мають форму ламаної лінії (трубопроводи, дороги й ін.).

Кінематичний метод із статичною ініціалізацією (Kinematic with Static Initialization)

Метод дуже схожий на попередній. На базовому пункті з відомими координатами робиться процедура ініціалізації, потім рухомий приймач переміщається в початкову точку маршруту руху і робить там спостереження протягом декількох хвилин. Далі рухома платформа з приймачем починає рух за маршрутом. GNSS - виміри виконуються безупинно під час руху з інтервалом 1 сек. Точність методу така ж, що й у «Stop-and-Go». Частіше усього застосовується для одержання координат лінійних об'єктів типу доріг, рік і т.д.

Кінематичний метод з ініціалізацією під час руху (Kinematic with On-the-Fly Initialization)

Даний метод не вимагає для ініціалізації розміщення рухомого приймача на базовій станції – ця процедура виконується безпосередньо при русі транспортного засобу по маршруті. Крім того, якщо по якійсь причині відбувся зрив спостережень (наприклад, через проїзд під залізничним мостом), процес ініціалізації робиться знову без припинення руху. Точність методу $mL=2-10 \text{ см}+2\text{см} \cdot D \cdot 10^{-6}$.

Джерела помилок. На точність визначення координат істотний вплив роблять помилки, що виникають при виконанні процедури вимірів. Природа цих помилок різна.

Неточне визначення часу. При всій точності тимчасових еталонів ШСЗ існує деяка похибка шкали часу апаратури супутника. Вона приводить до виникнення систематичної помилки визначення координат біля 0,6 м.

Помилки обчислення орбіт. З'являються внаслідок неточностей прогнозу і розрахунку ефемерид супутників, виконуваних в апаратурі приймача. Ця

похибка також носить систематичний характер і приводить до помилки виміру координат біля 0,6 м.

Інструментальна помилка приймача. Обумовлено, насамперед, наявністю шумів в електронному тракті приймача. Відношення сигнал/шум приймача визначає точність процедури порівняння прийнятого від ШСЗ і опорного сигналів, тобто похибка обчислення псевдовіддалі. Наявність даної похибки приводить до виникнення координатної помилки порядку 1,2 м.

Багатоканальність поширення сигналу. З'являється в результаті вторинних відбитків сигналу супутника від великих перешкод, розташованих у безпосередній близькості від приймача. При цьому виникає явище інтерференції, і вимірювана відстань виявляється більше дійсної. Аналітично дану похибку оцінити досить важко, а найкращим способом боротьби з нею вважається раціональне розміщення антени приймача щодо перешкод. У результаті впливу цього чинника помилка визначення псевдовіддалі може збільшитися на 2,0 м.

Іоносферні затримки сигналу. Іоносфера – це іонізований атмосферний шар у діапазоні висот 50-500 км, що містить вільні електрони. Наявність цих електронів викликає затримку поширення сигналу супутника, що прямо пропорційна концентрації електронів і обернено пропорційна квадрату частоти радіосигналу. Для компенсації виникаючої при цьому помилки визначення псевдовіддалі використовується метод двохчастотних вимірів на частотах L1 L2 (у двохчастотних приймачах). Лінійні комбінації двохчастотних вимірів не містять іоносферних похибок першого порядку. Крім того, для часткової компенсації цієї похибки може бути використана модель корекції, що аналітично розраховується з використанням інформації, що міститься в навігаційному повідомленні. При цьому розмір залишкової іоносферної затримки може викликати похибку визначення псевдовіддалі біля 10 м.

Тропосферні затримки сигналу [18, 19, 22]. Тропосфера – самий нижній від земної поверхні шар атмосфери (до висоти 8-13 км). Вона також обумовлює затримку поширення радіосигналу від супутника. Розмір затримки залежить від метеопараметрів (тиску, температури, вологості), а також від висоти супутника

над горизонтом. Компенсація тропосферних затримок робиться шляхом розрахунку математичної моделі цього шару атмосфери. Необхідні для цього коефіцієнти містяться в навігаційному повідомленні. Тропосферні затримки викликають помилки виміру псевдодальностей у 1 м.

Геометричне розташування супутників. При обчисленні сумарної помилки необхідно ще врахувати взаємне положення споживача і супутників робочого сузір'я. Для цього вводиться спеціальний коефіцієнт геометричного погіршення точності PDOP (Position Dilution of Precision), на котрий необхідно помножити всі перераховані вище помилки, щоб одержати результуючу помилку. Розмір коефіцієнта PDOP залежить від взаємного розташування супутників і приймача. Він обернено пропорційний об'єму фігури, що буде утворена, якщо провести одиничні вектори від приймача до супутників. Велике значення PDOP говорить про невдале розташування ШСЗ і великий розмір помилки. На рисунок 7.1 приведені приклади вдалого і невдалого геометричного положення супутників. Типове середнє значення PDOP коливається від 4 до 6.

Найбільше ефективним засобом винятку помилок є диференціальний спосіб спостережень – DGNSS (Differential GNSS). Його суть перебуває у виконанні вимірів двома приймачами: один встановлюється в обумовленій точці, а інший – у точці з відомими координатами – базової (контрольної) станції.

3.4.2. Планування спостережень GNSS- приймачами

Виконання геодезичної зйомки GNSS суттєво відрізняється від класичної геодезичної зйомки, оскільки вона не залежить від погоди та немає потреби у взаємній видимості між пунктами. Через цю різницю геодезична зйомка GNSS вимагає інших методів планування, виконання та обробки спостережень.

Планування геодезичної зйомки може виконуватись або не виконуватися для того чи іншого проекту. Перед тим як вирішити, витратити кошти на планування чи ні, слід вирішити, що є кінцевою метою виконання геодезичної зйомки та яка має бути точність результатів (координат).

Оптимальне планування геодезичної зйомки GNSS повинне враховувати декілька параметрів, таких як конфігурація супутників або пунктів, кількість та

тип приймачів, які будуть використані, економічні аспекти тощо. На відміну від проектування мереж трилатерації та тріангуляції, яке потребує чималих зусиль для дотримання геометричної строгості, для GNSS -мереж геометрія та довжина баз не так важливі. Етап планування також повинен включати деякі міркування щодо обробки даних: наприклад, чи програма обробки дає можливість обчислити вектори окремих баз, чи припускає багатоточкове розв'язання.

Для великих проектів з чималою кількістю пунктів спостережень та приймачів з метою заощадження часу та коштів планування геодезичної зйомки GNSS може виконуватися за допомогою комп'ютерних програм.

Перший крок у плануванні геодезичної GNSS -зйомки полягає у тому, щоб на карту місцевості нанести всі потрібні точки. Усі заплановані для геодезичної зйомки точки позначаються на карті разом із відомими контрольними (опорними) точками. У більшості випадків не варто використовувати контрольні точки, які не включені до національних систем відліку. Використання координат точок невідомої точності може спричинити чимало проблем. Тому краще вибирати точки національної мережі, навіть якщо вони знаходяться на більшій відстані від місця зйомки, ніж інші контрольні знаки.

Під час планування GNSS -зйомки і вибору пунктів слід брати до уваги лише три головні вимоги:

1. Відсутність перешкод для поширення сигналу від супутника при кутах місця понад 20° .
2. Відсутність відбиваючих поверхонь (наприклад, металевих споруд, водних поверхонь, огорож) навколо пункту, щоб уникнути додаткового відбиття.
3. Відсутність електричних пристроїв (наприклад, передавачів, високовольтних кабелів тощо) для того, щоб уникнути небажаних змін радіосигналу.

Другий крок попереднього планування полягає у визначенні періоду доби, оптимального для спостережень, та прийнятті рішення щодо поділу його на сесії (періоди, коли два чи більше приймачів одночасно стежать за тими ж самими супутниками).

Оптимальне «вікно» доступності супутників – це інтервал часу, коли одночасно можна спостерігати максимальну кількість супутників. Оптимальне «вікно» визначається шляхом вивчення карт видимих місць супутників, які в координатах кута місця та азимута складаються за допомогою програмного забезпечення, що надається виробниками GNSS -устаткування.

В даному випадку було використано програмне забезпечення Trimble GNSS Planning Online [35] . За допомогою цього програмного забезпечення були визначені найкращі години спостережень, шляхом накладання певних умов, таких як:

- географічні координати с. Новосілки $\varphi = 50^{\circ}49'$, $\lambda = 24^{\circ}14'$;
- дата спостереження 17.05.2014р.;
- найменша кількість супутників для спостереження – 6;
- значення коефіцієнта PDOP не більше 6;
- робочі години від 8⁰⁰ до 20⁰⁰;
- горизонт для спостереження не менше 15°;
- час спостереження 10 с.

Програмний модуль використовуючи альманах супутників створив звіт, в якому вказано кількість супутників, їх зенітні віддалі та азимути, крім того вказувалось, що можна виконувати GNSS - зйомку протягом всього робочого часу, тобто з 8⁰⁰ до 20⁰⁰.

Новий файл альманахів береться безпосередньо з вимірів (супутник сам передає інформацію в комп'ютер через GNSS - приймач) – це найточніший шлях, або можна взяти з глобальної системи зв'язку Internet. Всі дані видаються комп'ютером у вигляді графіків та звітів двох типів: сузір'я та азимути і перевищення супутників.

Незалежно від методу спостережень та потрібної точності сприятливими періодами спостережень вважаються лише періоди з шістьма або більше супутниками в полі зору. Більш наглядне відображення видимості подається за допомогою так званих діаграм видимих на небі траєкторій. Ці полярні

(топоцентричні) або ортогональні діаграми показують шлях супутника як функцію кута місця та азимута (Рис. 3.1).

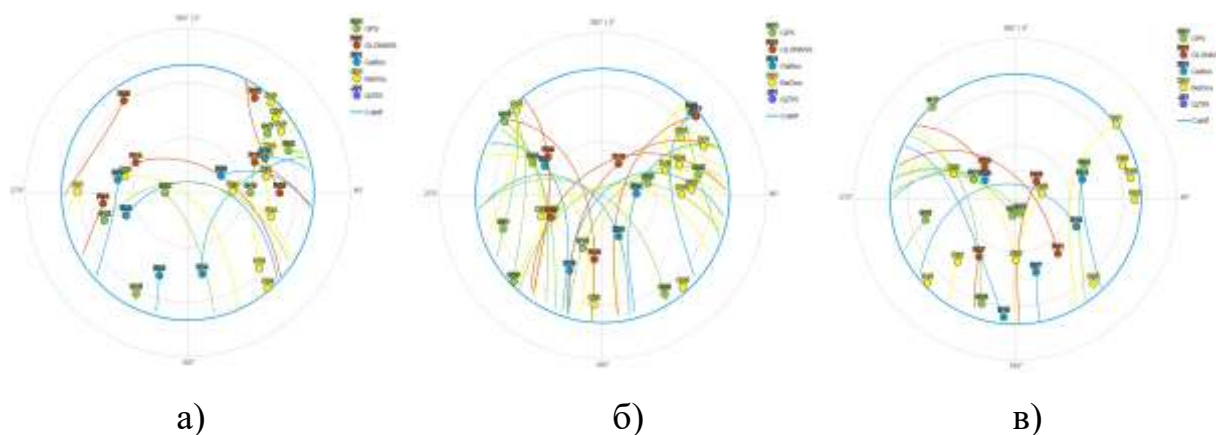


Рис. 3.1. Діаграми руху супутників станом на:

а) на 8.00 год, б) на 13.30 год, в) на 20.00 год

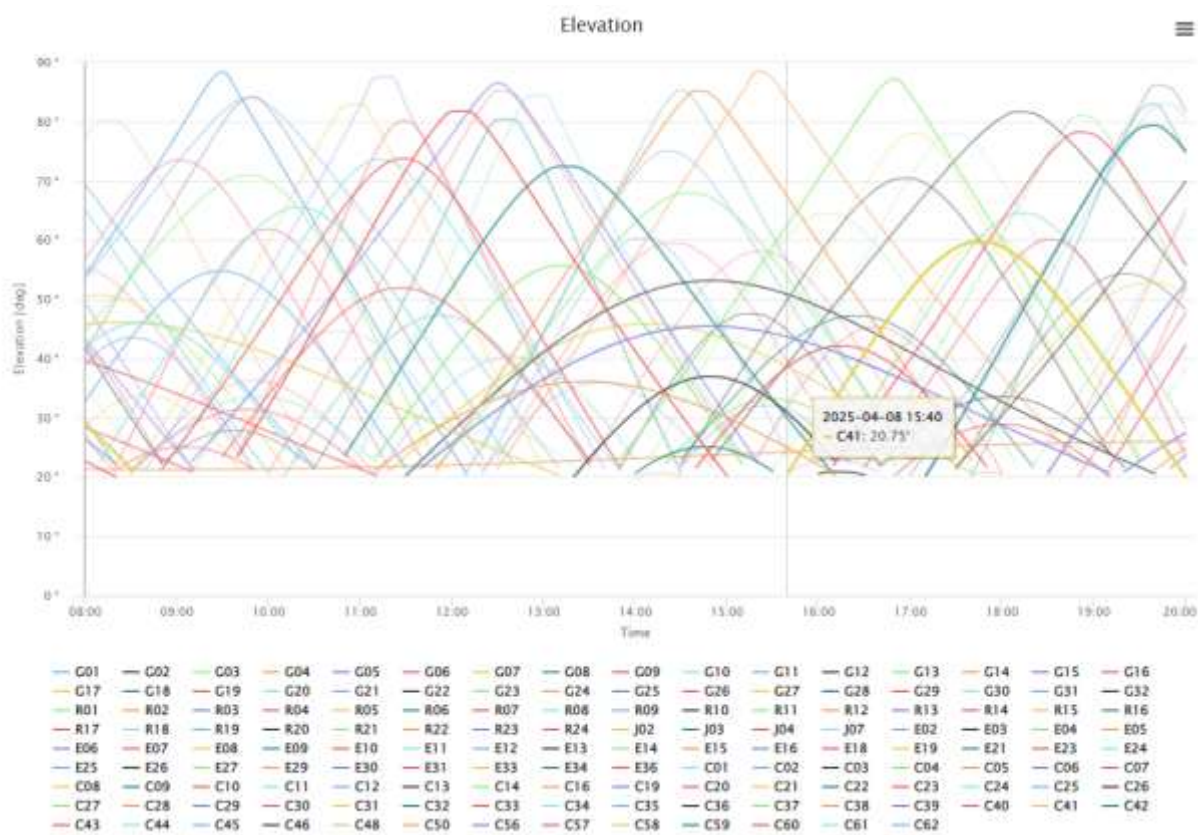


Рис. 3.2. Діаграма видимих на небі траєкторій супутників GNSS

Такі діаграми видимих на небі траєкторій часто доповнюються мітками часу, а також зображенням видимого горизонту, яке можна отримати під час польової рекогносцировки або підставі цифрового комп'ютерного моделювання місцевості.

Мірою супутникової геометрії є коефіцієнт PDOP. Звичайно PDOP, менший за шість, вважається прийнятним, а більший за шість – завеликим.

Діаграма для DOP допомагає вибрати періоди із сприятливою геометрією (Рис. 3.3).

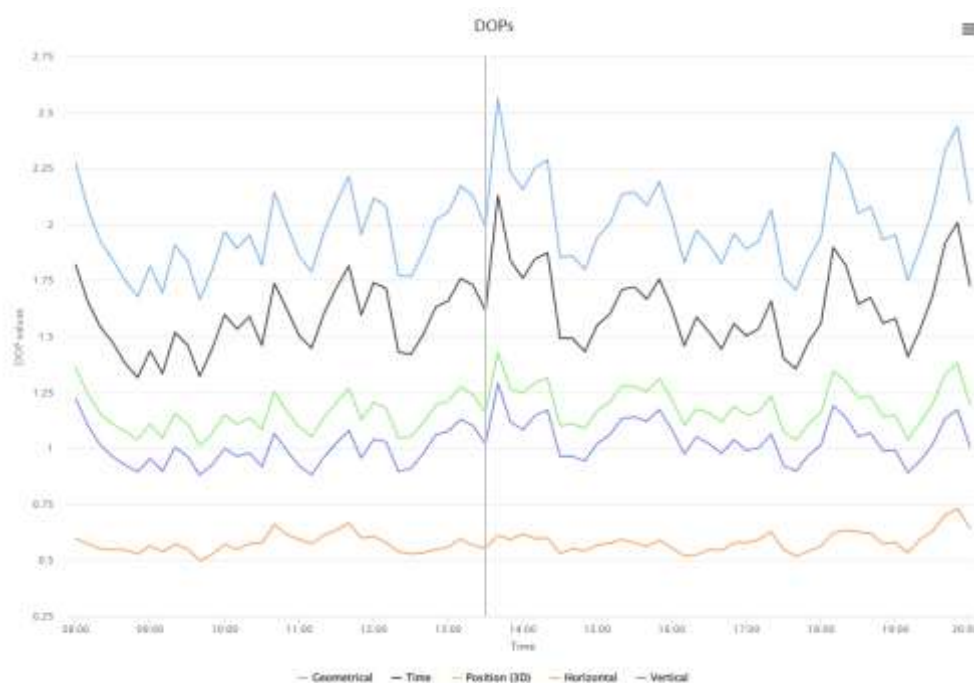


Рис. 3.3. Діаграма DOPs

Кількість видимих супутників, яка впливає на геометрію спостережень не повинна бути меншою за п'ять, тому що це впливає на точність визначення координат. Кількість супутників в певний період часу наведена на Рис 3.4.

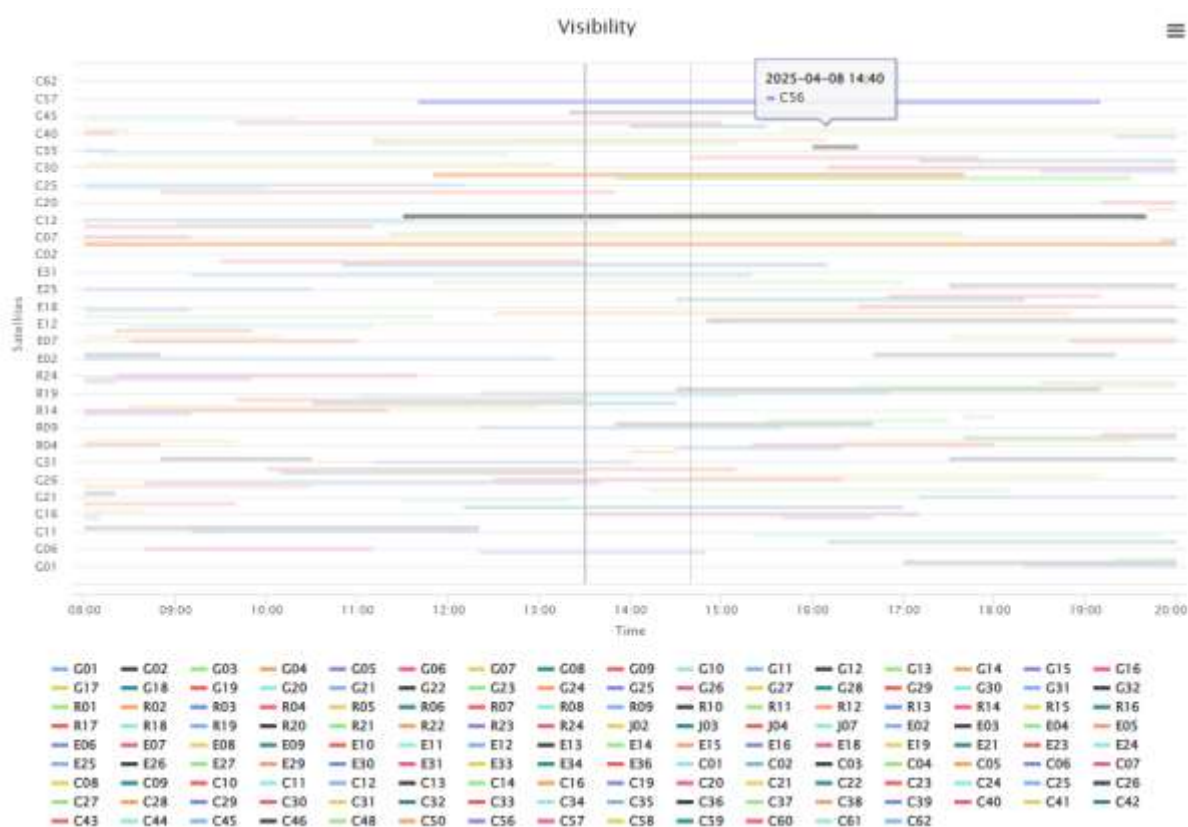


Рис. 3.4. Кількість супутників в певний період часу

Видимі на небі траєкторії руху супутників наведені на Рис 3.5.

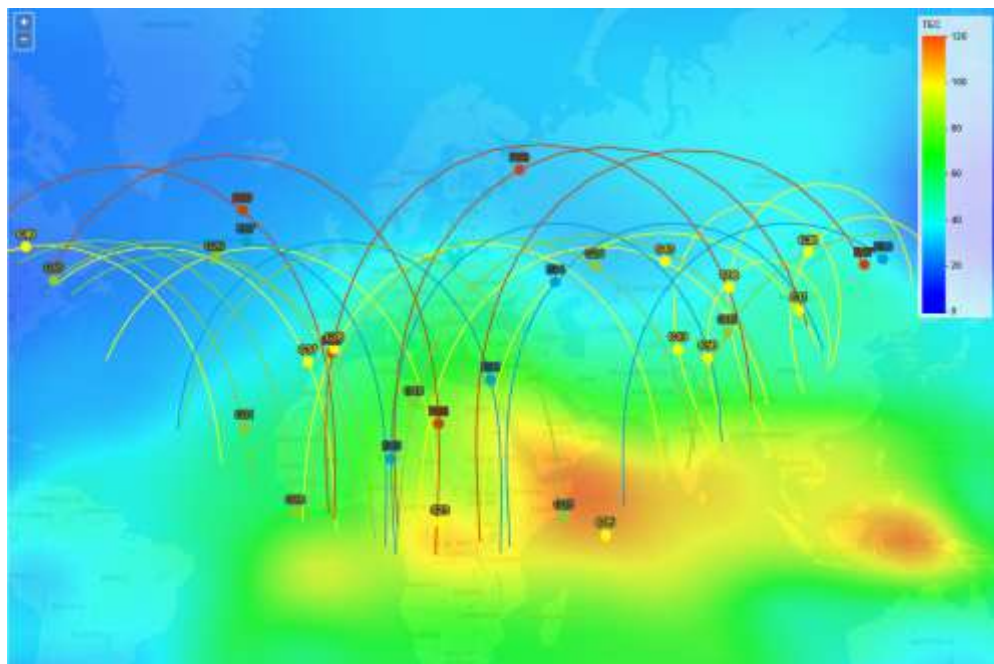


Рис. 3.5. Видимі траєкторії руху супутників станом на 13.00 год.

Дані діаграми винесенні на графічний матеріал «Планування сесій GNSS - спостережень для створення геодезичного обґрунтування на території с. Новосілки Володимирського району Волинської області».

Після спостережень необхідно заповнити формуляр спостережень на пункті. Цей формуляр повинен містити принаймні наступну інформацію.

1. Назва проекту і станції.
2. Дата та номер сесії.
3. Моменти часу початку та закінчення спостережень.
4. Ідентифікатор станції, використаний для імені файлу даних.
5. Ім'я спостерігача.
6. Серійні номери приймача і антени.
7. Висота антени та ексцентриситет.
8. Метеорологічні дані.
9. Проблеми, які мали місце під час спостережень.

Найсучасніше устаткування зберігає GNSS - спостереження на вмонтованих усередині носіях, тоді як інструменти старих конструкцій записують спостереження на дискету чи магнітну стрічку. На першому кроці обробки дані пересилаються з приймача на магнітний диск пам'яті комп'ютера (твердий постійний жорсткий диск на металевій основі – вінчестер). Це пересилання здійснюється за допомогою комп'ютерної програми, яку надає виробник. Файл спостережень даної сесії містить фазу та інші спостережувані величини як головний файл, а додатково – ефемериди, передані супутниками, та дані про пункт, які складаються з ідентифікатора станції, висоти антени та, можливо, наближеного (навігаційного) місцеположення. Головне завдання під час пересилання файлів – переконатись, що файли названі правильно та висота антени вказана точно.

Кінцевий звіт про виконання геодезичної зйомки буде корисним всім, хто аналізуватиме хід зйомки. По суті звіт повинен бути таким, щоб інша компетентна особа змогла відновити всі обчислення, дістаючи результати, подібні до отриманих. Звіт повинен включати такі дані.

1. Розташування та опис місця геодезичної зйомки. Рекомендується використовувати загальну карту, на якій вказано це розташування.

2. Мета та вимоги виконання геодезичної зйомки. Повинні також бути вказані ті інструкції, яких дотримувались при зйомці.

3. Опис типу закріплення. Спеціально слід зазначити використані підземні, а також поверхневі маркери. Підрозділ звіту повинен пояснювати, які існуючі репери (маркери) шукались і які були знайдені. Для реперів, які знайти не вдалося, потрібно дати час, який було витрачено на його пошук, щоб інформувати інших, хто захоче знайти той самий маркер. Перелік усіх контрольних опорних точок, які розшукувались, які були знайдені, а також усіх точок, які використовувались, допоможе при аналізі зйомки.

4. Опис використаного устаткування. Він повинен включати перелік як GNSS - устаткування, так і звичайного устаткування з вказаними серійними номерами. Необхідно дати пояснення, як були перевірені штативи чи біподи за допомогою вискового маятника. Якщо були застосовані вежі геодезичної зйомки чи далекомірна рейка, то їх використання треба описати з поясненнями того, як була закріплена антена.

5. Опис схеми обчислень, включаючи номер версії використаного програмного пакету та застосованої методики зрівнювання.

6. Обчислення координат усіх ексцентричних точок. Для точок із плановими координатами повинні бути зроблені ескізи та наведені результати безпосереднього обчислення. Для точок нівелювання копія записів рівнів повинна бути подана в додатку.

7. Розгляд усіх виявлених проблем. Збої в роботі устаткування слід подати в переліку. Потрібно зазначити підвищену сонячну активність, додаткове відбиття та інші фактори, що впливали на геодезичну зйомку.

8. Включення даних:

- перелік замкнених петель;
- розклад спостережень;
- статистичні характеристики векторів;

- вільне МНК- вирівнювання;
- частина фіксованого вирівнювання, що показує кути поворотів та статистичні характеристики;
- перелік вирівняних місцеположень та планових координат;
- статистичні характеристики проекту;
- копії «оригінальних» формулярів спостережень на пункті;
- перелік збоїв устаткування;
- ескіз проекту, на якому показані усі точки та опорні пункти із зазначенням назви, масштабу та сіткою координат.

9. Копія оригінальних спостережень або тих же спостережень, перетворених до формату RINEX. Для зручності було б добре додати копії файлів вводу для вирівнювання та результати обчислення векторів.

Якщо геодезичну зйомку виконано та відповідно задокументовано, то це забезпечує вагомий внесок у справу. Часто дані можуть бути використані пізніше іншими особами для того, щоб вивчати певне явище, або робота може бути включена в більші проекти.

3.5. СКЛАДАННЯ ПРОЕКТУ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ КОМБІНОВАНИМ МЕТОДОМ.

Створення геодезичного обґрунтування комбінованим методом включає в себе створення геодезичного обґрунтування поєднанням GNSS - спостережень та класичних методів.

Геодезичне обґрунтування на територію с. Нвосілки комбінованим методом запроектоване поєднанням GNSS - спостережень та теодолітних ходів.

Проект геодезичного обґрунтування створений методом поєднання GNSS - спостережень та теодолітних ходів представлений на графічному матеріалі «проект створення геодезичного обґрунтування комбінованим методом для потреб земельно-реєстраційної системи на території с. Новосілки Здолбунівської міської громади Рівненського району Рівненської області.

3.5.1. Складання проекту геодезичного обґрунтування методом GNSS - спостережень.

На території Новосілківської сільської ради з метою створення геодезичного обґрунтування було запроектовано 6 GNSS - пунктів. Дані пункти були запроектовані таким чином, щоб між ними була видимість для подальшого створення геодезичного обґрунтування шляхом прокладання теодолітних ходів. GNSS - пункти розміщені біля доріг, на кургані для їх подальшого збереження, крім того вибрані місця, де відсутні перешкоди для поширення сигналу від супутника при кутах місця понад 15° , відсутні відбиваючі поверхні, відсутні електричні пристрої. Метод спостереження для визначення координат точок задаємо псевдостатичний. В подальшому передбачається прив'язка мережі до трьох пунктів державної геодезичної мережі, на яких обов'язково буде виконуватись GNSS - спостереження.

3.5.2. Складання проекту геодезичного обґрунтування методом теодолітних ходів.

На території Новосілківської сільської ради з метою створення геодезичного обґрунтування для потреб земельно-реєстраційної системи запроектовано три теодолітні ходи, які опираються на чотири GNSS - пункти. Дані теодолітні ходи мають слідуючі загальні характеристики, які наведені в таблиці 3.15.

Таблиця 3.15.

Характеристика теодолітних ходів

Показники	Допустимі	Запроектовані		
		I	II	III
Довжина ходу, км:	7,000	3,749	3,912	3,216
Довжина сторін ходу, км				
найбільша	1,500	1,104	1,294	0,702
найменша	0,020	0,558	0,135	0,264
Кількість сторін у ході	20	4	10	6

Загальний опис теодолітних ходів представлений в таблиці 3.16.

Таблиця 3.16

Загальний опис теодолітних ходів

Назва	Цифрове значення
Кількість вихідних пунктів	4
Кількість пунктів, що визначаються	17
Кількість станцій вимірів	18
Кількість вимірюваних напрямків	36
Кількість вимірюваних ліній	36

3.6. ПОПЕРЕДНІЙ РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ.

Попередній розрахунок точності геодезичного обґрунтування створеного комбінованим методом включає в себе попередній розрахунок точності теодолітних ходів, адже точність визначення координат за допомогою GNSS - спостережень відома (пункт 6.2).

Попередній розрахунок точності теодолітних ходів проведено за допомогою програмного комплексу "ІНВЕНТГРАД"

Завдання на попередній розрахунок точності теодолітних ходів наведено відповідно в таблиці 3.17

Таблиця 3.17

Загальне завдання на розрахунок теодолітних ходів

Назва	Цифрове значення
Номер версії	21
Тип розрахунку	4
Метод виміру ліній	2
Розмірність виміру кутів	Градуси
Серед.кв.помилка напрямку, (")	10,00
Серед.кв.помилка лінії, (мм)	40,00
Приведення ліній до горизонту	N
Редукування ліній на площину Гаусса-Крюгера	N
Приведення ліній на рівень еліпсоїда	N
Редукування напрямків на площину Гаусса-Крюгера	N

Середні квадратичні похибки вимірювання кутів і довжин ліній були встановлені шляхом підбору, щоб забезпечити регламентовану «Положенням по

земельно-кадастровій інвентаризації земель населених пунктів» граничну похибку точок знімального обґрунтування в розмірі 40см.

Попередня оцінка точності виконана окремо для перших двох теодолітних ходів і окремо для третього ходу, тому що теодолітні ходи спираються на різні вихідні GNSS - пункти (перших два на однакові GNSS - пункти, а третій на інші два). Результати попередньої оцінки точності представлені каталогами координат та результатами оцінки точності груп кутових та лінійних вимірів. Відповідно, перші два теодолітні ходи в таблицях 3.18, 3.19, 3.20 і третій хід в таблицях 3.21, 3.22, 3.23.

Таблиця 3.18

Каталог координат пунктів теодолітних ходів при створенні геодезичного обґрунтування комбінованим методом

Назва пункту	Координати		Дирекційний кут.	На пункт	Довжини сторін (м)	Середньо-квадратичні похибки					Відносна похибка
	X (т)	Y (т)				X (м)	Y (м)	MXU (и)	сторон (м)	дир.кут (сек)	
3	2830,000	2040,000	286 18 6.2 54 12 39.7	97 11	1104.40 1060.19	0,0538	0,0223	0,0582	0.0152 0.0111	10.500 4.5935	1: 72824 1: 95297
2	3450,000	2900,000	234 12 39.7 104 32 4.0	12 10	1060.19 557.85	0,0499	0,0254	0,0560	0.0111 0.0110	4.5935 9.6906	1: 95297 1: 50628
1	3310,000	3440,000	284 32 4.0 122 3 52.4	11 дб	557.85 1026.61	0,0370	0,0229	0,0435	0.0110 0.0111	9.6906 8.4596	1: 50628 1: 92664
дб	2765,000	4310,000	302 3 52.4 183 30 12.7	10 9	1026.61 490.92				0.0111 0.0113	8.4596 10.012	1: 92664 1: 43424
11	1930,000	4115,000	25 33 35.9 295 56 32.3	9 7	382.43 205.73	0,0176	0,0348	0,0390	0.0113 0.0112	11.409 14.860	1: 33813 1: 18353
9	2120,000	3770,000	122 0 19.4 270 0 0.0	7 5	188.68 165.00	0,0313	0,0331	0,0456	0.0112 0.0112	16.020 15.647	1: 16826 1: 14708
7	2190,000	3490,000	121 19 43.3 263 39 35.3	5 3	134.63 543.32	0,0401	0,0352	0,0534	0.0112 0.0112	14.577 12.085	1: 12006 1: 48399
5	2120,000	2510,000	88 41 53.0 314 16 29.2	3 1	440.11 558.66	0,0538	0,0329	0,0631	0.0112 0.0112	10.976 9.2149	1: 39227 1: 49756
4	2510,000	2110,000	134 16 29.2 299 8 26.3	2 д7	558.66 1293.75	0,0516	0,0297	0,0595	0.0112 0.0157	9.2149 9.1555	1: 49756 1: 82352
12	2275,000	4280,000	3 30 12.7 205 33 35.9	дб 8	490.92 382.43	0,0113	0,0238	0,0264	0.0113 0.0113	10.012 11.409	1: 43424 1: 33813
10	2020,000	3930,000	115 56 32.3 302 0 19.4	8 6	205.73 188.68	0,0244	0,0326	0,0407	0.0112 0.0112	14.860 16.020	1: 18353 1: 16826
8	2120,000	3605,000	90 0 0.0 301 19 43.3	6 4	165.00 134.63	0,0377	0,0331	0,0502	0.0112 0.0112	15.647 14.577	1: 14708 1: 12006
6	2130,000	2950,000	83 39 35.3 268 41 53.0	4 2	543.32 440.11	0,0493	0,0332	0,0595	0.0112 0.0112	12.085 10.976	1: 48399 1: 39227
Середньо-квадратична похибка одиниці ваги = 10.000 сек											

Таблиця 3.19

Результати оцінки точності груп кутових та лінійних вимірів теодолітних ходів при створенні геодезичного обґрунтування класичними методами

Ном. Груп	Назви станцій вимірювання в групі рівноточних вимірів			Число станцій	Число вимірів	СКП вим. Велич.	Вага вим. Велич
1	12	11	10	3	6	0,828	1,000
1	G6	8	6	13	26		
	4	2	1				
	9	7	5				
	3						

Таблиця 3.20

Результати оцінки точності груп кутових та лінійних вимірів теодолітних ходів при створенні геодезичного обґрунтування класичними методами

Ном. Груп	Назви станцій вимірювання в групі рівноточних вимірів			Число станцій	Число вимірів	СКП вим. Велич.	Вага вим. Велич
1	12	11	10	3	6	0,012	0,014
1	G6	8	6	13	26		
	4	2	1				
	9	7	5				
	3						

Таблиця 3.21.

Каталог координат пунктів теодолітних ходів при створенні геодезичного обґрунтування комбінованим методом

Назва пункту	Координати		Дирекційний кут.	На пункт	Довжини сторін (м)	Середньо-квадратичні похибки					Відносна похибка
	X (т)	Y (т)				X (м)	Y (м)	MX (и)	сторон (м)	дир.кут (сек)	
13	1735,000	4500,000	8 18 20.4 207 6 44.8	G5 14	692.26 702.16	0,0166	0,0331	0,0371	0.0158 0.0112	9.9893 10.029	1: 43716 1: 62611
14	1110,000	4180,000	326 46 5.8 27 6 44.8	15 13	693.40 702.16	0,0252	0,0497	0,0557	0.0113 0.0112	9.7296 10.029	1: 61288 1: 62611
15	1690,000	3800,000	146 46 5.8 259 27 38.9	14 16	693.40 437.38	0,0351	0,0325	0,0479	0.0113 0.0112	9.7296 8.3989	1: 61288 1: 39041
16	1610,000	3370,000	79 27 38.9 259 52 31.2	15 17	437.38 426.64	0,0310	0,0297	0,0429	0.0112 0.0112	8.3989 12.529	1: 39041 1: 38081
17	1535,000	2950,000	79 52 31.2 195 21 0.5	16 G2	426.64 264.43	0,0158	0,0240	0,0287	0.0112 0.0158	12.529 18.731	1: 38081 1: 16747
Середньо-квадратична похибка одиниці ваги = 10.000 сек											

Таблиця 3.22

Результати оцінки точності груп кутових та лінійних вимірів теодолітних ходів при створенні геодезичного обґрунтування класичними методами

Ном. Груп	Назви станцій вимірювання в групі рівноточних вимірів			Число станцій	Число вимірів	СКП вим. Велич.	Вага вим. Велич
1	13	14	15	3	6	0,967	1,000
1	16	17		5	10		

Таблиця 3.23

Результати оцінки точності груп кутових та лінійних вимірів теодолітних ходів при створенні геодезичного обґрунтування класичними методами

Ном. Груп	Назви станцій вимірювання в групі рівноточних вимірів			Число станц ій	Число вимір ів	СКП вим. Велич.	Вага вим. Велич
1	13	14	15	3	6	0,012	0,013
1	16	17		5	10		

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПРОЕКТНИХ МЕТОДІВ ПРИ СТВОРЕННІ ГЕОДЕЗИЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ.

Розглянувши вищенаведені методи створення геодезичного обґрунтування видно, що найточніший метод – це метод GNSS - спостережень. При цьому методі найточніше визначається базова GNSS - станція, в нашому випадку базова станція - 1, координати цієї станції визначаються з точністю до 4 мм. Всі інші координати визначаються з меншою точністю, при за допомогою цього методу координати базових станцій при псевдостатичному методі визначаються з точністю, яка рахується за формулою: $4\text{мм} + 1\text{мм} \cdot D \cdot 10^{-6}$

де: D - відстань від базової станції;

В нашому випадку координати всіх інших пунктів визначались з наступною точністю (таблиця 4.1)

Таблиця 4.1

Номера GNSS - пунктів	Точність визначення координат, мм
2	13,7
3	24,5
4	30,7
5	32,2
6	31,7
7	23,8
8	20,25
9	13,1
10	22,5
11	26,8

Друге місце по точності займає комбінований метод, адже теодолітні ходи прив'язувались до GNSS - пунктів, точність визначення координат яких вища, ніж пунктів полігонометрії. До даного способу відносяться такі GNSS - пункти: 1, 2, 5, 6, 7, 8. При цьому способі точність даних GNSS - пунктів така, яка наведена в таблиці 4.1, а точність 1 GNSS - пункту становить 4 мм. Крім того, до даного методу відноситься прокладання теодолітних ходів, прокладання теодолітних ходів проектувалось з відносною помилкою 1:2000. Згідно виконаної попередньої оцінки точності проведемо аналіз трьох теодолітних ходів, які запроектовані цим методом.

В першому теодолітному ході найслабшим місцем являється пункт 3, середня квадратична помилка планового положення якого становить 58,2 мм.

В другому теодолітному ході найслабшим місцем являється пункт 5, середня квадратична помилка планового положення якого становить 63,1 мм.

Пункт 14 являється найслабшим місцем в третьому теодолітному ході, середня квадратична помилка планового положення цієї точки рівна 55,7 мм.

Найменш точним методом створення геодезичного обґрунтування є класичний метод, звичайно його точність задовольняє всі вимоги до створення геодезичного обґрунтування для потреб земельно-реєстраційної системи. Згідно проведеної попередньої оцінки точності проаналізуємо запроєктовані класичним методом три полігонометричні та три теодолітні ходи. Прокладання полігонометричних ходів I розряду проектуємо з відносною помилкою ходу 1:10000, а теодолітних ходів 1:2000.

В першому полігонометричному ході найслабшим місцем являється пункт 9, середня квадратична помилка планового положення якого становить 32,3 мм.

В другому полігонометричному ході найслабшим місцем являється пункт 12, середня квадратична помилка планового положення якого становить 25,7 мм.

В третьому полігонометричному ході найслабшим місцем є пункт 2, середня квадратична помилка планового положення якого становить 32,1 мм.

В першому теодолітному ході при проектуванні геодезичного обґрунтування класичним методом найслабшим місцем являється пункт 3, середня квадратична помилка планового положення якого становить 56.1 мм.

В другому теодолітному ході найслабшим місцем являється пункт 7, середня квадратична помилка планового положення якого становить 36.2 мм.

Пункт 12 являється найслабшим місцем в третьому (висячому) теодолітному ході, середня квадратична помилка планового положення цієї точки рівна 93,2 мм. Середньоквадратична помилка планового положення 11 точки цього ходу дорівнює 4,40 мм.

При виконанні топографо-геодезичних робіт з інвентаризації земель в населених пунктах важливого значення набувають питання обґрунтування

необхідної точності визначення меж земельних ділянок і масштабу кадастрової зйомки. Очевидно, що від вимог до точності визначення координат кутів поворотів меж залежить технологія виконання геодезичних робіт, а відповідно, трудові і матеріальні затрати. Площі земельної ділянки, відомості про її власника, вартість нерухомості, просторове розміщення ділянки складають тематичну базу земельного кадастру, яка визначає податок на землю та нерухомість. Ці параметри пов'язані між собою і залежать від технічних, екологічних та соціально-психологічних чинників.

Коли на території населеного пункту відсутні пункти державної геодезичної мережі, то на ній доцільно створювати локальні мережі згущення у вигляді полігонів в умовній системі координат. При цьому кількість опорних пунктів (межові знаки і пункти полігонометрії) слід розраховувати, виходячи із нормативних вимог до зйомочної основи, яка створюється найчастіше за допомогою прокладання теодолітних ходів. Для прискорення виконання робіт з інвентаризації земель наземними методами, особливо в умовах несучільної інвентаризації земель чи кадастрової зйомки населеного пункту, для визначення площ присадибних ділянок або земельних наділів можна рекомендувати методику вимірів, яка полягає у подвійному визначенні координат кутів поворотів меж ділянок полярним способом. При цьому координування точок кутів поворотів меж ділянок необхідно виконувати з різних базисних ліній, чи різних точок з обов'язковою їх прив'язкою до точок замкнутого теодолітного ходу або до чітко визначених контурів місцевості (не менше трьох точок), координати яких також повинні визначатися в умовній системі (а в подальшому їх можна прив'язати до державної мережі). Приймаючи до уваги, що точність визначення площі ділянки залежить від точності лінійних і кутових вимірів, подвійне обчислення площі за різними вимірами через помилки вимірювань дає два результати, різниця яких не повинна перевищувати граничної помилки:

$$\delta = 2m\sqrt{F + KF}$$

де m – середня квадратична помилка визначення координат точок поворотів меж;

F – площа ділянки;

K – коефіцієнт, який залежить від розміру, форми, точності зйомки

і кількості точок на контурі ділянки,
$$K = \frac{mq \left(\sqrt{\frac{1+v^2}{2v}} - 1 \right)}{\sqrt{F}}$$

де $q = \frac{\sqrt{2n+1}}{(n+1)}$ – показник кроку зйомки контуру;

n – кількість проміжних точок на контурі ділянки;

$v = \frac{\alpha}{\beta}$ – коефіцієнт витягнутості форми прямокутної ділянки.

Так, приймаючи до уваги, що найчастіше $v=2/4$, одержимо $K = \frac{0,03}{\sqrt{F}}$.

Отже, можна встановити для різниці площ ділянок за результатами її подвійного обчислення наступні граничні допустимі помилки, які наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Гранично – допустима похибка площі ділянки

№	Категорія населеного пункту	Гранична допустима похибка
1.	Міста республіканського та обласного підпорядкування	$\delta = 0,10\sqrt{F + 0,0002 * F}$
2.	Міста районного підпорядкування, селища	$\delta = 0,20\sqrt{F + 0,0003 * F}$
3.	Сільські населені пункти	$\delta = 0,40\sqrt{F + 0,0006 * F}$

При такому підході оцінки точності визначення площі ділянки можна виконати за правилом "трьох сігм", тобто $m_F = \frac{\delta}{3}$.

Середня квадратична похибка визначення площі знаходиться за формулою:

$$m_F = \frac{1}{2} D_{сер} \sqrt{nm_{x,y}}$$

де $D_{сер}$ – середня діагональ між точками повороту ділянки;

n – кількість діагоналей;

$m_{x,y}$ – с.к.п. координат точок.

Для ділянки квадратної форми:

$$m_F = d\sqrt{2m_{x,y}}$$

d – де сторона квадрата.

Отже, $m_{x,y} = \frac{m_F}{d\sqrt{2}}.$

С.к.п. положення точки $m_p = m_{x,y}\sqrt{2}.$

При визначенні положення точок полярним способом:

$$m_p = \sqrt{m_s^2 + \frac{m_\beta^2 * S^2}{\rho^2}}$$

де S – полярна віддаль;

m_β – с.к.п. вимірювання кута;

ρ – число секунд в одному радіані.

Результати розрахунку с.к.п. планового положення точки представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Розрахунок середньої квадратичної похибки планового положення точки

№	Площа F , m^2	Гранична похибка площі δ , m^2	С.к.п. визначення координат x, y $m_{x,y}$, м	С.к.п. планового положення m_p , м
1.	1000	13,25	0,099	0,140
2.	2000	19,09	0,101	0,143
3.	3000	23,71	0,102	0,144
4.	4000	27,70	0,103	0,146
5.	5000	31,28	0,104	0,147
6.	6000	34,58	0,105	0,148
7.	7000	37,67	0,106	0,150
8.	8000	40,58	0,107	0,151
9.	9000	43,35	0,108	0,153
10.	10000	46,00	0,109	0,154
11.	15000	57,99	0,111	0,157

Для с.к.п. вимірювання кута $m_\beta = 30''$ і с.к.п. положення точки $m_p = 0,140$ м с.к.п. вимірювання лінії m_s приведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Середня квадратична похибка вимірювання лінії

$S, м$	25	50	75	100	125	150	175	200
$m_s, м$	0,140	0,140	0,140	0,139	0,139	0,138	0,138	0,137

Як показує розрахунок, вимірювати лінії достатньо з точністю 14 см. При виконанні розмічувальних робіт способом електронно-блокової тахеометрії необхідно враховувати с.к.п. місцеположення вільної станції.

Тоді формула с.к.п. положення точки набуде вигляду:

$$m_p^2 = m_{зас}^2 + m_{ст}^2$$

$$m_{зас} = \sqrt{m_s^2 + \frac{m_\beta^2 * S^2}{\rho^2}} \quad \text{— с.к.п. визначення точки при полярному способі;}$$

$m_{ст}$ — с.к.п. положення станції.

$$\text{Приймемо, що } m_{ст} = \frac{m_{зас}}{2}, \text{ тоді } m_{зас} = \frac{2m_p}{\sqrt{5}}.$$

Таблиця 4.5

Розрахунок точності вимірювання віддалі

№	Площа $F, м^2$	Гранична похибка площі δ , $м^2$	С.к.п. визначення координат x , y $m_{x,y}, м$	С.к.п. планового положення $m_p, м$	С.к.п. планового положення при засічці $m_{зас}, м$	С.к.п. планового положення станції $m_{ст},$ $м$
1.	1000	13,25	0,099	0,140	0,125	0,063
2.	2000	19,09	0,101	0,143	0,128	0,064
3.	3000	23,71	0,102	0,144	0,129	0,065
4.	4000	27,70	0,103	0,146	0,131	0,066
5.	5000	31,28	0,104	0,147	0,131	0,066
6.	6000	34,58	0,105	0,148	0,132	0,066
7.	7000	37,67	0,106	0,150	0,134	0,067
8.	8000	40,58	0,107	0,151	0,135	0,068
9.	9000	43,35	0,108	0,153	0,137	0,069
10.	10000	46,00	0,109	0,154	0,138	0,069
11.	15000	57,99	0,111	0,157	0,140	0,070

Для $m_{зас} = 0,125$ м точність вимірювання віддалі представлена в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

Середня квадратична похибка вимірювання лінії

$S, м$	25	50	75	100	125	150	175	200
$m_s, м$	0,125	0,125	0,125	0,124	0,124	0,123	0,122	0,122

Отже для ділянки квадратної форми потрібно вимірювати віддалі з точністю 12 см.

Для ділянки в формі правильного восьмикутника:

$$m_F = D\sqrt{2m_{x,y}}$$

$$D = \frac{2\sqrt{\frac{F * \operatorname{tg} \frac{180}{n}}{n}}}{\sin \frac{180}{n}}$$

де D – діагональ між точками в правильному восьмикутнику.

Результати розрахунків приведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7.

Результати розрахунків

№	Площа $F, м^2$	Гранична похибка площі $\delta, м^2$	С.к.п. визначення координат $x, y m_{x,y}, м$	С.к.п. планового положення $m_p, м$	С.к.п. планового положення при засічці $m_{зас}, м$	С.к.п. планового положення станції $m_{ст}, м$
1.	1000	13,25	0,117	0,165	0,148	0,074
2.	2000	19,09	0,120	0,170	0,152	0,076
3.	3000	23,71	0,121	0,171	0,153	0,076
4.	4000	27,70	0,123	0,174	0,156	0,078
5.	5000	31,28	0,124	0,175	0,157	0,078
6.	6000	34,58	0,125	0,177	0,158	0,079
7.	7000	37,67	0,126	0,178	0,159	0,080
8.	8000	40,58	0,127	0,180	0,161	0,080
9.	9000	43,35	0,128	0,181	0,162	0,081
10.	10000	46,00	0,129	0,182	0,163	0,081
11.	15000	57,99	0,133	0,188	0,168	0,084

Для $m_{зас} = 0,148$ м с.к.п. вимірювання ліній наведені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8

Середня квадратична похибка вимірювання лінії

$S, м$	25	50	75	100	125	150	175	200
$m_s, м$	0,148	0,148	0,148	0,147	0,147	0,146	0,146	0,145

Для ділянки в формі правильного дванадцятикутника:

$$m_F = D\sqrt{3m_{x,y}}$$

$$\text{де } D = \frac{2\sqrt{\frac{F * \operatorname{tg} \frac{180}{n}}{n}}}{\sin \frac{180}{n}} - \text{діагональ між точками в правильному}$$

дванадцятикутнику.

Результати розрахунків приведені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9

Результати розрахунків

№	Площа F , м^2	Гранична похибка площі δ , м^2	С.к.п. визначення координат x , y $m_{x,y}$, м	С.к.п. планового положення m_p , м	С.к.п. планового положення при засічці $m_{зас}$, м	С.к.п. планового положення станції $m_{ст}$, м
1.	1000	13,25	0,139	0,197	0,176	0,088
	2000	19,09	0,142	0,201	0,180	0,090
3.	3000	23,71	0,144	0,204	0,182	0,091
4.	4000	27,70	0,146	0,206	0,184	0,092
5.	5000	31,28	0,147	0,208	0,186	0,093
6.	6000	34,58	0,149	0,211	0,189	0,094
7.	7000	37,67	0,150	0,212	0,190	0,095
8.	8000	40,58	0,151	0,214	0,191	0,096
9.	9000	43,35	0,152	0,215	0,192	0,096
10.	10000	46,00	0,153	0,217	0,194	0,097
11.	15000	57,99	0,158	0,223	0,199	0,100

Для $m_{зас}=0,176$ м с.к.п. вимірювання ліній наведені в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10

Середня квадратична похибка вимірювання лінії

S , м	25	50	75	100	125	150	175	200
m_s , м	0,176	0,176	0,176	0,175	0,175	0,175	0,174	0,174

Отже, як видно з наведених розрахунків координування меж земельних ділянок на території сільських населених пунктів необхідно виконувати з точністю 14 см, при цьому кути слід вимірювати з точністю 30", а лінії з точністю 12 см.

Висновки

Як бачимо для створення геодезичного обґрунтування для потреб земельно-реєстраційної системи необхідно запроектувати різні методи його створення, порівняти їх з точки зору витрат, геодезичної точності, швидкості виконання і вибрати найкращий метод.

Аналізуючи проектні розділи дипломного проекту можна сказати, що найдоцільніше створювати геодезичне обґрунтування на с. Новосілки методом GNSS - спостережень. Адже з вищенаведених розрахунків видно, що при впровадженні GNSS - приладу продуктивність праці по виробітку та за рахунок зменшення трудомісткості в порівнянні з класичними методами зростає в 3,3 рази. Крім того, створене даним методом геодезичне обґрунтування буде мати найвищу точність і що не менш важливо згідно обрахованих кошторисів є найдешевшим. Ще однією перевагою методу GNSS - спостережень є швидкість виконання; він в порівнянні з класичними методами за часом виконання є найшвидшим (можна створити геодезичне обґрунтування за один день і однією людиною). Недоліками цього методу є те що GNSS - спостереження залежать від різних факторів (геометрія супутників, кількість супутників, вибір місць для безперешкодного надходження сигналу від супутників), що не дозволяє постійно виконувати спостереження. Інший недолік полягає у тому, що GNSS прилади дорого коштують. Виходячи з того, що визначення координат даними приладами є найбільш точним, крім того при виконанні робіт по створенню геодезичного обґрунтування даний метод є найшвидшим і як показали розрахунки найдешевшим, то застосування даних приладів є досить ефективним, а тому іншим геодезичним підприємствам (невеликим державним, приватним) досить доцільним є використання GNSS – приладів.

Крім того геодезичне обґрунтування створене методом GNSS - спостережень можна використовувати для інших потреб, для яких необхідна висока точність (наукові цілі, будівництво важливих транспортних та промислових об'єктів).

Звичайно відмовлятися від класичних методів створення геодезичного обґрунтування також не можна, адже вони є незамінними для невеликих територій та територій населених пунктів, в яких при роботі з GNSS - приладами виникають проблеми, які полягають у виборі місць для GNSS - пунктів (необхідно щоб не було перешкод для надходження сигналу супутника під кутом 15° з пункту спостереження). Створення геодезичного обґрунтування даними методами на територію Новосілівської сільської ради займає найбільше часу, але вони є не набагато дорожчими від GNSS - методу, а тому при умові наявності часу для створення геодезичного обґрунтування можна використовувати класичні методи. Як видно з вищенаведених розрахунків координування меж земельних ділянок на території сільських населених пунктів необхідно виконувати з точністю 14 см, а цю точність в достатній мірі забезпечують класичні методи знімання. Крім того даними методами мають можливість створювати геодезичне обґрунтування багато геодезичних підприємств, адже теодоліти, мірні стрічки, світловідалеміри, електронні тахеометри перших поколінь є на оснащені майже всіх таких підприємств.

Недоліком створення геодезичного обґрунтування класичними методами є те, що дані пункти порівняно з GNSS - пунктами мають низьку точність і використання їх для інших цілей обмежене.

До того можна поєднувати GNSS - спостереження з класичними методами і створювати геодезичне обґрунтування комбінованим методом, який був описаний в даному дипломному проекті. Перевагами даного методу в порівнянні з класичним є вища точність та швидкість виконання робіт, крім того даний метод доцільно використовувати в тих умовах коли місцевість чергується незабудованими землями, землями сільськогосподарського призначення, де зручно проводити GNSS - спостереження, з населеними пунктами, де не має змоги координувати пункти геодезичної мережі із-за забудованості території. Але згідно вищенаведених розрахунків створення геодезичного обґрунтування комбінованим методом на територію Новосілівської сільської ради є дорожчим в порівнянні з класичними методами та методами GNSS - спостережень, що в

нинішніх умовах відіграє важливу роль при виборі методу створення геодезичного обґрунтування.

Необхідно зауважити, що дані висновки зроблені на територію Новосілківської сільської ради, а тому на територію окремої сільської ради слід вибирати метод, аналізуючи який можна сказати, що він є найшвидшим, найдешевшим і який задовольняє задачі які стоять перед нами. Ці показники будуть залежати від площі сільських рад, конкретної ситуації, забудованості території, а для цього слід провести роботи виконанні в даному проекті, тобто необхідно скласти проекти геодезичного обґрунтування класичними методами, методам GNSS - спостережень, комбінованим методом, провести попередню оцінку точності, розрахувати час, який буде затрачено на виконання даного завдання та скласти кошториси, що виходячи з конкретних поставлених умов дасть змогу вибрати найдоцільніший метод.

Список використаної літератури

1. Земельний кодекс України: Чинне законодавство зі змінами та доповненнями станом на 19 жовтня 2022 р. / Київ: Відомості Верховної Ради України (ВВР), №2-3, 2002.
2. Про планування і забудову територій : Закон України від 20.04.2000 р. № 1699-III : станом на 12 берез. 2011 р.: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1699-14#Text>.
3. ДБН Б.2.2-12:2019 “Планування і забудова територій”: Київ: Мінрегіон України, 2019. 185с.
4. Закон України “Про землеустрій”: Київ: 2003.
5. Конституція України — Офіційне інтернет-представництво Президента України: URL: <https://www.president.gov.ua/documents/constitution>(дата звернення: 03.10.23).
6. ГКНТА-2.04-02-98. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. / Київ: Чинний від 1999-07-27. Вид. офіц., 1999.
7. Кабінет Міністрів України. Про затвердження Порядку проведення інвентаризації земель та визнання такими, що втратили чинність, деяких постанов Кабінету Міністрів України / 2019.
8. Романчук, С. П., Коростюк, В. П., Шевчук, М. В. Геодезія: навчальний посібник: Київ: Центр учбової літератури, 2016.
9. Тревого, І. С., Шевченко, Т. Г., Мороз, О. І. Геодезичні прилади: Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012.
10. Ващенко, В. І., Літинський, В. О. Геодезичні прилади та приладдя: Київ: Євросвіт, 2003.
11. Войтенко, С. П. Інженерна геодезія: Київ: Знання, 2012.
12. Вялка, С. Г. Інженерна геодезія: Київ: ПрофКнига, 2014.
13. Про затвердження Інструкції про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та їх закріплення межовими знаками : Наказ Держ. ком. України із зем. ресурсів від 18.05.2010 р. № 376: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0391-10#Text>.

14. Мельник, О. Адаптивний алгоритм оперативного GPS-геодезичного контролю. 2011.
15. Мельник, О. В. Комплексне дослідження деформаційних процесів ґрунтових гребель значної протяжності: Мельник ОВ--Луцьк, 2013.--184 с.
16. Grewal, M. S., Andrews, A. P., Bartone, C. G. Global Navigation Satellite Systems, Inertial Navigation, and Integration: Hoboken: John Wiley & Sons, 2020.
17. Hegarty, C., Kaplan, E. Understanding GPS/GNSS: Principles and Applications: Boston: Artech House, 2020.
18. Черняга, П. Г. Супутникова геодезія. Частина 1. Теоретичні відомості: Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування, 2013.
19. Сухий, П. О., Сухий, В. О. Супутникова геодезія: Одеса: Одеська національна наукова бібліотека, 2013.
20. Бялик, І. В. Супутникова геодезія: Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування, 2013.
21. Волошин, В., Мельник, О. Моделювання вертикальних деформацій ґрунтової греблі водосховища Хмельницької АЕС. Зб. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2012. No. 23. С. 132–136.
22. Опенько, І. А., Дем'яненко, Р. А., Ковальов, М. В. Супутникова геодезія та сферична астрономія: Миколаїв: Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2021.
23. Мельник, В., Мельник, О. Варіант оперативного геодезичного контролю за експлуатаційним станом греблі ХАЕС. ВМ Мельник, ОВ Мельник//Зб. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва.-Львів,-2009.-вип. С. 178–186.
24. Зузук, Ф., Нетробчук, І. Рельєф і клімат як природні ресурси Волинської обл. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2014. No. 45. С. 29–38.
25. Мельник, О. АДАПТИВНИЙ АЛГОРИТМ ОПЕРАТИВНОГО GPS-ГЕОДЕЗИЧНОГО КОНТРОЛЮ. Зб. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2011. No. 21. С. 101–102.

26. Природа Волинської області: / за ред. Геренчука К.І. Львів: Видавниче об'єднання «Вища школа», 1975. 147с.
27. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія: Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2011. 130с.
28. ДСТУ Б В.2.1-6-2000 ГРУНТИ. ПОЛЬОВІ ВИПРОБУВАННЯ: Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики, 2000. 12с.
29. Про затвердження Класифікації видів цільового призначення земель : Наказ Держ. ком. України із зем. ресурсів від 23.07.2010 р. № 548: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1011-10#Text>.
30. Метешкін, К. О., Шаульський, Д. В. Математична обробка геодезичних вимірів: Харків: Харківська національна академія міського господарства, 2011.
31. Метешкін, К. О., Шаульський, Д. В. Математична обробка геодезичних вимірів: Харків: Харківська національна академія міського господарства, 2012.
32. Войтенко, С. П. Математичне оброблення геодезичних вимірів: Київ: Знання, 2015.
33. Бутенко, Є. В., Купріянич, І. П. Геодезичні роботи у землеустрої: Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2012.
34. Зуска, А. В. Інженерна геодезія: Дніпро: Національний гірничий університет, 2015.
35. Trimble GNSS Planning: URL: <https://www.gnssplanning.com/#!/settings>(дата звернення: 09.05.25).

Додатки

