

УДК 528.42

Котова А. О., студентка IV курсу ННІАЗ, Бялик І. М., к.т.н. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РІЗНИХ НАЗЕМНИХ МЕТОДІВ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Проведено порівняльний аналіз минулих та сучасних наземних методів геодезичних вимірювань. Виявлено їх переваги та недоліки, а також надано рекомендації щодо вибору методу вимірювань в залежності від умов вимірювань.

Ключові слова: геодезія, вимірювання, топографія.

Вступ. Геодезія, як наукова дисципліна, поділяється на великий ряд розділів – топографія, вища і космічна геодезія, фотограмметрія, дистанційне зондування Землі та ще багато інших. І хоча чітко визначено та розділено предмет, засоби та методи вивчення кожного розділу, такий поділ є доволі умовний.

Для прикладу, топографія вивчає методи та способи створення планів і карт невеликих ділянок земної поверхні. Саме цей картографічний матеріал є основою для проектування, будівництва орієнтування на місцевості та вирішення інших прикладних задач. Проте створення планів може відбуватись на основі як традиційних топографічних методів, так і з використанням технологій інших розділів геодезії (наприклад тих самих космічної геодезії, фотограмметрії, дистанційного зондування Землі).

Геодезичні вимірювання супроводжують людство протягом всього цивілізаційного періоду його розвитку. Перші схеми та плани поверхні Землі з'явилися задовго до появи писемності. А будівництво пірамід та інших древніх споруд виконане з високою точністю. Така висока точність можлива при використанні вже уніфікованих та апробованих вимірювальних приладів та обладнання, а також відпрацьованих методів вимірювань. Протягом наступних тисячоліть людство постійно вдосконалювало ці методи. Одночасно відбувався процес винайдення нових приладів та розроблення нових методів вимірювань. Так з появою нівеліра та теодоліта, частина попередніх методів вимірювань трансформувалася а інше перестала використовуватись. Натомість були розроблені нові.

Особливо цей процес прискорився в останні кілька десятиліть. Поява електронних приладів на основі традиційних та винайдення принципово нових, обладнання приладів засобами зв'язку для дистанційної передачі даних вимірювань в режимі реального часу, використання комп'ютерів та інтегрованих в прилади елементів обчислювальної техніки, застосування спеціального програмного забезпечення для максимальної автоматизації опрацювання даних вимірювань – все це обумовило появу принципово нових методів вимірювання та трансформацію до новітнього обладнання старих. Є також частина методів геодезичних вимірювань, що практично повністю перестала використовуватись. Яскравим прикладом цього процесу є мензульне знімання.

Таке різноманіття засобів та методів для досягнення мети – створення картографічного матеріалу, зумовлює необхідність їх аналізу та порівняння для підбору найоптимальнішого в кожному конкретному випадку. Адже методи геодезичних вимірювань мають обмеження та відрізняються за можливостями застосування, швидкістю, точністю, вартістю робіт тощо. Тому порівняльний аналіз методик вимірювань є актуальним.

Аналіз останніх досліджень Створення топографічних карт та планів постійно розвивається. І з розвитком сучасних технологій як і процес зйомки так і процес постобробки також набуває автоматизації. З'явилися тахеометри, GPS-приймачі. В цьому плані кіпрегель та мензула застарілі прилади, які потребують більше часу для вимірювань та гарну погоду, а також висококваліфікованих спеціалістів, які проводять знімання та опрацьовують

вимірювання безпомилково і точно наносять все на планшет. Натомість два попередні прилади проводять розрахунки кутів, довжин без втручання людини. Електронний тахеометр використовується для рішення широкого кола геодезичних задач, наприклад: визначення відстаней, координат і висоти недоступних об'єктів, також прилад, на основі обчислень здатний виконувати зворотні задачі. Він одночасно дозволяє поєднати функції електронного теодоліта, польового комп'ютера і лазерного далекоміра. Таким чином прилад використовується для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, віддалей та перевищень, тобто може виконувати планово-висотну зйомку місцевості полярним способом, вирішувати інші геодезичні задачі.

GPS приймач визначає точне місцезнаходження та координати як точки на місцевості, так і рухомого об'єкту. Сам прилад представлений у вигляді одно - або двосистемних, одно - або двочастотних приймачів, які приймають сигнали щонайменше чотирьох супутників. Різні частоти дозволяють враховувати стан атмосфери. GPS-обладнання може працювати в будь-яких погодних умовах, не вимагаючи прямої видимості між точками. Такі характеристики спрощують процес прив'язки знімального обґрунтування та визначення точності взаємного положення пунктів. Крім того обладнання здатне виконувати повноцінне топографічне знімання місцевості для створення картографічного матеріалу.

Існують також і інші сучасні методи та прилади для створення топографічних планів. Наприклад використання 3D-сканерів, опрацювання результатів дистанційного зондування Землі та інші.

Методика досліджень. В статті ми проведемо порівняльний аналіз на методів наземних геодезичних вимірювань на основі трьох приладів (мензульне, тахеометричне і GPS вимірювання) та визначимо оптимальні умови їх використання.

Результати досліджень. Топографією називають науково-технічну дисципліну, яка використовується географічним та геометричним вивченням місцевості з створенням та уточненням топографічних карт на основі геодезичних вимірювань. Результатом вивчення місцевості є топографічна карта, яка являється різновидом загально-географічних карт, що детально відображає ділянку земної поверхні.

Топографічні карти необхідні для проектно-дослідницьких робіт, які виконуються для топографічного забезпечення, видобутку корисних копалин, гідроенергетичного та транспортного будівництва і т. д. Вони створюються в графічній, цифровій та електронній формах у єдиній системі координат і висот за уніфікованими та погодженими між собою умовними знаками. Основним масштабним рядом топографічних планів і карт є: 1:500 - 1:25000.

Топографічні карти повинні з відповідною до масштабу точністю відображати стан місцевості на рік створення карти в діючих умовних знаках, забезпечувати визначення з відповідною до масштабу точністю прямокутних та географічних координат, абсолютних і відносних висот об'єктів місцевості, їх кількісних та якісних характеристик, а також давати можливість проводити інші картометричні роботи.

В графічній формі карти створюються методами топографічних зйомок аналоговими або цифровими технологіями – первинні карти, та методом складання – похідні карти.

Основним методом зйомки є аерофототопографічна зйомка. Інші методи зйомок (мензульна, тахеометрична) застосовуються у виняткових випадках у разі відсутності матеріалів аерофотозйомки, а також під час зйомки невеликих ділянок.

Вибір методу топографічної зйомки визначається фізико-географічними умовами району робіт, обсягами і термінами їх виконання та економічною доцільністю. Кожен метод зйомки може застосовуватися окремо або в комбінації з іншими методами, що визначається технічним проектом.

Розроблення топографічних планів потребує точності в вимірах, відображенні місцевості на плані та дотримання вимог інструкції складання топографічних планів. З поставленою задачею можуть допомогти такі прилади: мензула, тахеометр, GPS-приймач.

Мензульне знімання являється кутонарисним і відрізняється від топографічного знімання тим, що виконуючи його, не вимірюють горизонтальні кути, а за допомогою спеціального приладу, будують на карті безпосередньо в полі, але недоліками мензульного знімання порівняно з тахеометричним є низький ступінь автоматизації робіт. Окрім того, карту складають тільки в одному примірнику і в заздалегідь визначеному масштабі. Тому сьогодні в геодезичному виробництві для створення топографічних карт цей метод не використовують. Тахеометрична зйомка полягає в можливості виконання польових робіт у найкоротші терміни. Паралельне виконання польових і камеральних робіт підвищує продуктивність тахеометричного методу зйомки. Сучасний прилад має великий об'єм пам'яті для зберігання отриманих даних, а інтерфейс для зв'язку з комп'ютером дозволяє завантажувати координати з ПК для подальшого винесення даних в натуру, а також дані переносяться для подальшої роботи на комп'ютері або на ноутбучі. GPS приймач є зручним у використанні через те, що ми можемо в тривимірному просторі отримати точні координати точки з високою швидкістю і в реальному часі. Крім цього вимірювання можна проводити 24 години на добу в будь-якій точці земної кулі. Таким чином всі три прилади можуть використовуватись для створення топографічних карт. Давайте розглянемо їх детальніше.

Мензульною зйомкою користуються вже близько чотирьох століть, але з розвитком повітряної та наземної фототопографічних зйомок, вона втратила своє провідне значення. Мензульна топографічна зйомка являє собою зйомку, при якій складання плану на місцевості та польові вимірювання проводяться одночасно. Головним рядом недоліків у мензульній зйомці являється залежність від погодних умов, громіздкість обладнання та складання плану тільки в одному масштабі, необхідність у висококваліфікованому спеціалісті привиконанні вимірювань, але основною перевагою мензульної зйомки від інших інструментальних зйомок є те, що в процесі виробництва безпосередньо в полі виходить повний топографічний план, накреслений олівцем, відрізняється своєю наочністю, простотою, невеликим обсягом математичної обробки вимірів і використовується при проведенні інженерних робіт, а також є досить ефективною при складанні планів гірських і горбистих районів.

Основною причиною, по якій мензульне знімання перестало використовуватись – відсутність як результату роботи цифрового картографічного матеріалу. Саме цифрові плани найчастіше у векторній формі використовуються для виконання інженерних задач. При переведенні зображення в цифрову форму (скануванні) відбувається втрата точності. Крім того зображення має растрову форму, незручну для подальшого обробки, і потребує подальшої трудомісткої векторизації.

Тому на сьогоднішній день використовують більш сучасний геодезичний оптико - електронний прилад - електронний тахеометр. Він одночасно дозволяє поєднати функції електронного теодоліта, польового комп'ютера і лазерного далекоміра. Прилад використовується для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, віддалей та перевищень, тобто для виконання планово-висотної (тахеометричної) зйомки місцевості польярним способом. За своєю конструкцією електронний тахеометр призначений для польових робіт, тому йому не зашкодять жорсткі погодні умови.

Електронний тахеометр використовується для виконання широкого кола геодезичних задач, наприклад: визначення відстаней, координат і висоти недоступних об'єктів, також прилад виконує зворотні задачі. Сучасний прилад має великий об'єм пам'яті для зберігання отриманих даних, а інтерфейс для зв'язку з комп'ютером дозволяє завантажувати координати з ПК для подальшого винесення даних в натуру, а також дані переносяться для подальшої роботи на комп'ютері або на ноутбучі.

Точність електронних тахеометрів визначають блоки або модулі вимірювання кутів та модуль компенсатора. Кутові вимірювання, як прави ло, лімітуються точністю 1", лінійні — 1 мм + 1 ppm (1 мм на 1 км). Більш висока точність тахеометрів практично недосяжна через вплив навколишнього середовища і помилок центрування й наведення.

Перевагою тахеометричної зйомки є можливість виконання польових робіт у найкоротші терміни. Вимірювання виконуються автоматизовано, максимально усуваючи людський фактор. Дані вимірювань записуються та зберігаються в цифровій формі і придатні для автоматичного опрацювання в спеціальних програмних продуктах. Крім того картографічний матеріал виконується відразу у векторній формі. Паралельне виконання польових і камеральних робіт підвищує продуктивність тахеометричного методу вимірювань.

До недоліків можна віднести те, що в процесі складання плану в камеральних умовах виключається можливість його порівняння з місцевістю, що може привести до пропусків окремих об'єктів знімання та перекручень в зображенні рельєфу місцевості. Знімання точок поверхні Землі відбувається в умовній системі координат, і для перетворення в державну необхідні вже виміряні точки об'єкту. Ще одним недоліком є велика вартість приладу та супутніх матеріалів і програмного забезпечення.

В наш час штучні супутники Землі дуже активно використовують в багатьох сферах нашого життя, де звичним для нас стала супутникова навігаційна система GPS. За допомогою цієї систем можна визначати положення, швидкість та напрям руху об'єктів і будь якій точці на поверхні Землі. Систему космічних супутників почали розробляти ще в 70-х роках за замовленням військової служби США. Вона визначає точне місцезнаходження та координати рухомого об'єкту. Самі прилади представлені у вигляді одно – або двосистемних, одно- або двочастотних приймачів, які приймають сигнали декількох супутників. Різні частоти дозволяють враховувати стан атмосфери. Точність визначення координат GPS-приймачами геодезичного призначення сьогодні становить від 5 до 20 мм. (по висоті – до 10 мм.).

Позитивними сторонами використання GPS-обладнання під час топографічного знімання є те, що ми можемо в тривимірному просторі отримати точні координати з високою швидкістю і в реальному часі. Крім цього вимірювання можна виконувати 24 години на добу в будь-якій точці земної кулі. GPS-приймачі можуть працювати в будь-яких погодних умовах, не вимагаючи прямої видимості між точками. Це значно спрощує процес прив'язки знімального об'єкту та визначення точності взаємного положення пунктів. Прилади в основному використовуються для згущення планово - висотного об'єкту та побудови або оцінки геодезичної мережі, оскільки прилад вимірює координати точки в загальноземній системі координат WGS-84, що за допомогою математичних обчислень можуть бути перетворені в державну.

Проте використання системи GPS має і обмеження. На якість прийому сигналу впливає щільність міської забудови, наявність дерев з густим листям, наземні джерела радіосигналів і інші чинники, що створюють перешкоди. В окремих випадках через відсутність сигналу від необхідної кількості супутників взагалі неможливо провести вимірювання на заданій точці. Крім того швидкість вимірювання координат точок, хоча і є достатньо високою все ж поступається тахеометру. Комплект GPS-приймачів, супутнього обладнання та програмного забезпечення має достатньо високу вартість.

Висновок. Бурхливий розвиток комп'ютерної техніки та розроблення і вдосконалення значної кількості спеціальних програмних продуктів для опрацювання та використання картографічного матеріалу призвів до двох ключових змін при виконанні наземних геодезичних вимірюваннях. По перше з'явилися електронні геодезичні прилади. Процес вимірювання, а головне попереднього опрацювання та зберігання даних вимірювань став автоматизованим. Завдяки цьому покращилась якість та швидкість вимірювань. А самі прилади стали більш універсальними та здатними проводити весь необхідних комплекс вимірювань для створення картографічного матеріалу. По друге опрацювання даних вимірювань та створення картографічного матеріалу відбувається в спеціальних програмних продуктах в цифровій формі. Більш того в основній масі замовники вимагають результати вимірювань саме в такому вигляді. Відсутність цифрових даних вимірювань при

мензульному зніманні і є основною причиною відмови від цього методу при сучасних геодезичних вимірюваннях.

Цього недоліку позбавлені сучасні методи вимірювань з використанням електронного тахеометра та комплексу GPS-приймачів. Тому при виборі методу вимірювань користуються порівнянням їх переваг і недоліків в кожному конкретному випадку. Проте найбільш раціональним, за умови наявності обох приладів, є їх поєднання під час вимірювань. Наприклад GPS-приймачами проводять вимірювання точок геодезичного обґрунтування та інших найбільш вагомих точок, а за допомогою електронного тахеометра детальне знімання об'єктів та характерних точок рельєфу.

1. Мороз О. І., Тревого І. С., Шевченко Т. Г. Геодезичні прилади: Навч. посібник. – Львів : Нац. ун-т “Львівська політехніка”, 2005. – 264 с.
2. Геодезичний енциклопедичний словник / За редакцією Володимира Літинського. – Львів : Євросвіт, 2001. – 668 с.
3. Панчук Ю. М., Бялик І. М., Янчук О. Є. Інженерна геодезія: Навч. посібник. – Рівне : НУВГП, 2012. – 337 с.
4. Черняга П. Г., Дмитрів О. П., Стахів Я. А. Геодезія: інтеракт. комплекс – Рівне : НУВГП, 2009. – С. 296.
5. Черняга П. Г., Бялик І. М., Янчук Р. М. Супутникова геодезія: навч.-метод. посіб. – Рівне : НУВГП, 2014. – 222 с.
6. Савчук С. Г. Вища геодезія: Навч. посібник. – Житомир : ЖДТУ, 2005. – 315 с.

Рецензент: д.с.-г.н., професор Мошинський В. С.

Kotova A. O., Senior Student, Bialyk I. M., Candidate of Engineering (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT METHODS GROUND GEODETIC MEASUREMENTS

A comparative analysis of past and modern techniques of ground geodetic measurements. Revealed their strengths and weaknesses, and provided recommendations for choosing the method of measurement depending on the conditions of measurement.

Keywords: geodesy, measurements, topography.

Котова А. О., студент IV курса ННИАЗ, Бялык И. Н., к.т.н. (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ НАЗЕМНЫХ МЕТОДОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Проведен сравнительный анализ прошлых и современных наземных методов геодезических измерений. Выявлены их достоинства и недостатки, а также даны рекомендации по выбору метода измерений в зависимости от условий измерений.

Ключевые слова: геодезия, измерения, топография.