



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний
університет імені Петра Могили

Кафедра управління земельними ресурсами

Шарт Олексій Сергійович

Проектування геодезичної мережі для кадастрового знімання земель

на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр
галузі знань 19 «Архітектура та
будівництво»

спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій»

Науковий керівник:

Коваль В.А., викладач

Рецензент: ФОП Селін Віктор Геннадійович

Миколаїв 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. НОРМАТИВНО-ПРАВОВА І ЗАКОНОДАВЧА БАЗА.....	7
РОЗДІЛ 2. ГЕОДЕЗИЧНІ МЕРЕЖІ УКРАЇНИ.....	9
2.1 Призначення і класифікація геодезичних мереж.....	9
2.2 Способи створення геодезичних мереж.....	17
2.3 Використання геодезичної мережі під час здійснення робіт із землеустрою...	32
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ І РЕКОГНОСТУВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ.....	34
3.1 Проектування геодезичних мереж.....	34
3.2 Рекогностування геодезичних мереж.....	39
3.3 Оцінка точності побудови геодезичних мереж.....	42
3.4 Геодезичні знаки і центри	47
3.5 Розрахунок висот знаків	51
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	53
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	55
ВИСНОВОК.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

GNNS - глобальна навігаційна супутникова система

GPS – глобальна навігаційна система

ДГМ - державна геодезична мережа

АГМ –астрономо-геодезична мережа

ДЗК – державний земельний кадастр

СКП – середня квадратична похибка

УПМ - українська постійна мережа

ВСТУП

Геодезична мережа є необхідною складовою будь-якого кадастрового знімання земель, оскільки вона є основою для визначення географічних координат будь-якої точки на місцевості. Проектування геодезичної мережі вимагає від фахівців не тільки глибоких знань в області геодезії та картографії, а й вміння застосовувати сучасні технології та програмне забезпечення для розрахунку координат точок. У цьому контексті, важливо розглянути процес проектування геодезичної мережі для кадастрового знімання земель, що дозволить зрозуміти, яким чином відбувається створення надійної та точної геодезичної основи для подальшої роботи з кадастровою картою.

Способи отримання земельно-кадастрової інформації про правовий, природний та господарський стан земель відображаються в картографічних матеріалах, текстових та електронних документах.

Картографічний матеріал- це відтворення на паперовій основі просторового положення, стану та використання земель у певному масштабі.

Просторове розташування земельних ділянок характеризується формою, пропорційністю сторін та межами суміжних земельних ділянок.

Ці матеріали забезпечують наочність земельно-кадастрових даних, запобігають можливим пропускам або дублювання ділянок, сприяють постійному та об'єктивному отриманню потрібних даних. Без цих матеріалів неможливо отримати дані щодо жодної складової частини земельного кадастру.

Джерелами картографічного матеріалу є аерофотозйомка або наземна зйомка теодолітом чи мензулою.

Картографічний матеріал повинен відповідати вимогам земельного кадастру, тобто забезпечувати необхідну точність земельно-кадастрових відомостей в залежності від масштабу.

Масштаб вибирають відповідно до конфігурації, характеру землекористування та інтенсивності ведення господарства.

В умовах дрібної контурності для земельного кадастру найдоцільніше вибирати масштаб 1:10000.

У степових районах з великими площами можна використовувати карти масштабу 1:25000.

На зрошуваних територіях і в господарствах з великою часткою багаторічних плодових насаджень слід використовувати плани масштабу 1:5000.

Кадастр сільських, міських та приміських територій базується на планах масштабу 1:2000 та 1:500.

Головними завданнями, що потребують відповідного комплексу геодезичних робіт для кадастру є розмежування населених пунктів, інвентаризація земельних ділянок та житлового фонду.

При перенесенні проекту на місцевість необхідно створити геодезичну мережу відповідної точності та щільності.

Межі геодезичної мережі закріплюються відповідними знаками встановленої конструкції. Для кожного знаку створюють картку закладки.

Положення в плані всіх межових знаків визначається з більшою точністю, ніж полігонометрія другого ряду, а висота визначається нівелюванням четвертого класу або технічним нівелюванням.

Планові та висотні геодезичні мережі розробляються відповідно до вимог «Інструкції по топографічних зніманнях в масштабах 1:50000, 1:2000, 1:1000, 1:500».

Для інвентаризації ділянок, що перебувають у користуванні або власності, необхідно створити проект геодезичної опорної мережі.

Розташування опорної мережі визначається наявністю відповідних геодезичних пунктів і топографічною та кадастровою ситуацією.

Геодезичний початок повинен відповідати вимогам точності масштабу.

Актуальність дослідження. Геодезична мережа є головним аспектом під час створення геодезичної основи для кадастрових та геодезичних робіт.

В залежності від цілей кадастрових робіт та місцевості виконавець обирає масштаб та відповідне геодезичне обладнання для виконання задачі.

З розвитком сучасного обладнання в Україні найчастіше використовують супутникові методи прив'язки до геодезичних мереж, адже вони є більш точними.

Метою роботи є:

- ✓ розглянути геодезичні мережі України та способи їх створення
- ✓ розглянути особливості використання GNNS-мережі
- ✓ описати геодезичні знаки та центри

Об'єктом дослідження є геодезичні мережі України.

Предметом дослідження є теоретико-методичні аспекти створення геодезичної мережі України.

Дипломна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Кількість сторінок – 59;

Кількість таблиць – 6;

Кількість рисунків – 10;

Кількість використаної літератури – 14 джерел.

РОЗДІЛ 1.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВА І ЗАКОНОДАВЧА БАЗА

Нормативно-правова і законодавча база проєктування геодезичної мережі для кадастрового знімання земель є дуже важливою складовою процесу визначення меж земельних ділянок та реєстрації прав на нерухоме майно в Україні.

Конституція України, прийнята 28 червня 1996 року, є головним законом, який встановлює права громадян в різних сферах життя [10].

Земельний кодекс України, що був ухвалений 25 жовтня 2001 року, визначає правила використання та захисту землі для громадян, юридичних осіб, територіальних громад та держави [8].

Закон України «Про землеустрій» від 22 травня 2003 року містить правові та організаційні положення, які регулюють земельні відносини між органами влади, місцевого самоврядування та фізичними та юридичними особами [3].

Закон України «Про Державний земельний кадастр» від 7 липня 2011 року встановлює правила та положення щодо Державного земельного кадастру [2].

Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 23 грудня 1998 року регулює відносини в сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності [5].

Закон України про внесення змін до цього закону від 11 лютого 2010 року встановлює правила щодо задоволення потреб держави та громадян в результатах топографо-геодезичної та картографічної діяльності [6].

Закон України "Про національну інфраструктуру геопросторових даних" встановлює норми для створення, розвитку та функціонування інфраструктури просторових даних з метою забезпечення ефективного прийняття рішень державними та місцевими органами влади, задоволення потреб суспільства в географічній інформації та інтеграції в глобальну та європейську інфраструктуру геопросторових даних [7].

Наказ "Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою" встановлює правила використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 під час здійснення землеустрійних робіт [13].

Наказ "Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98)" встановлює процедуру створення топографічних планів масштабу 1:500 - 1:5000 для картографічних потреб, включаючи вимоги щодо змісту та точності [12].

Зокрема, Порядок проведення кадастрового знімання земельних ділянок визначає процедуру та умови проведення кадастрового знімання, а також вимоги до документації, що містить результати знімання.

Методичні рекомендації з проектування геодезичної мережі для кадастрового знімання земель містять рекомендації щодо вибору методів та засобів знімання, проектування геодезичної мережі, проведення контролю якості робіт та інші аспекти, які необхідно враховувати при проектуванні геодезичної мережі.

Україна також прийняла ряд міжнародних угод та конвенцій, які регулюють питання охорони навколишнього середовища та використання природних ресурсів. До них належать, зокрема:

- Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя в питаннях, що стосуються довкілля (Конвенція з Ааргау, 1998 рік)
- Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (1992 рік)

Отже, проектування геодезичної мережі для кадастрового знімання земель повинно проводитися з урахуванням всіх вимог нормативно-правової та законодавчої бази. Важливо також дотримуватися професійних стандартів та використовувати сучасні технології та інструменти для забезпечення максимальної точності та якості робіт.

РОЗДІЛ 2. ГЕОДЕЗИЧНІ МЕРЕЖІ УКРАЇНИ

2.1 Призначення і класифікація геодезичних мереж

Державна геодезична мережа (ДГМ) – це глобальна геодезична референтна система координат з Державною геодезичною референчною системою УСК-2000. До складу цієї системи входять:

- ✓ українська постійно діюча мережа (УПМ) глобальної навігаційної супутникової системи (GNSS);
- ✓ геодезичні мережі 1 і 2 класів та геодезичні мережі згущення 3 класу [9, с. 25]

УПМ GNSS є сегментом міжнародної системи координат ITRS/TTRF2000, призначеної для підтримки глобальної системи координат, виявлення форм земної поверхні, геодинаміки, моніторингу рівня моря тощо [9, с. 25].

Мережі УПМ складається з 26 регулярних і постійних станцій, що покривають територію 150 км по всій Україні в Ужгороді, Львові, Києві, Полтаві, Миколаєві, Семейзі, Харкові, Євпаторії, Алчевську, Шацьку та інших. Це дозволяє визначати інженерно-геодезичні точки та положення кінематичним методом в режимі RTK [9, с. 25].

УПМ функціонує в рамках національної геодезичної мережі і створена відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 22 грудня 1999 р. № 2359 «Про впровадження на території України Світової геодезичної системи координат WGS-84» [9, с. 25].

УПМ та геодезична мережа 1 класу та геодезична мережа 1 класу - це просторові побудови, координати точок яких визначаються виключно методами супутникової геодезії [9, с. 25-26].

За основу УСК-2000 прийнято:

- референц-поверхня референц-еліпсоїда Красовського з такими параметрами: велика вісь - 6378245 м, густина - 1/298.3 (у міжнародному еліпсоїді WGS-84 - 6378137.0 м та 1/298.257223563 відповідно);
- масштаб, що дорівнює масштабу ITRS/TTRF2000;
- осі координат паралельні осям ITRS/TTRF;
- центр системи координат, що відповідає найкоротшій відстані між поверхнею референц-еліпсоїда та реальною поверхнею Землі на території України [9, с. 26].

Геодезична мережа 1 класу складається з 815 геодезичних пунктів, розташованих на відстані 20-30 км один від одного, план і висотне положення яких визначено за даними супутникових спостережень із середньоквадратичною похибкою (СКП) 15-20 мм [9, с. 26].

Геодезична мережа класу 2 складається з 5630 пунктів, розташованих на відстані 8-12 км один від одного, прогнозоване положення яких було визначено на основі супутникових геодезичних спостережень та лінійних кутових вимірювань з точністю до 30 мм [9, с. 26].

Геодезична мережа згущення 3 класу складається з 10330 пунктів з точністю менше 32 мм побудован на основі супутникових спостережень та лінійних кутових вимірювань. Точки класу 4 мають таку ж точність, а їхні координати отримані шляхом зміщення координат старих пунктів триангуляції, розташованих у новій ДГМ [9, с. 26].

Положення точки ДГМ визначається системою координат:

- X , Y , Z просторового прямокутника (вісь Z збігається з віссю обертання референц-еліпсоїда, вісь X лежить у площині нульового меридіана (Гринвіча), вісь Y - праворуч); X і Y лежать в екваторіальній площині)
 - геодезичний еліпсоїд: B - геодезична широта, L - геодезична довгота, H - геодезична висота.
 - X і Y - плоскі прямокутники, обчислені за допомогою проєкції Гаусса-Крюгера [9, с. 26].

Щільність розміщення всіх класів пунктів ДГМ становить приблизно 1 пункт на 33 км². У містах і промислових районах повинні бути створені умови для розвитку місцевих геодезичних мереж на основі пунктів ДГМ згідно з інструкцією [9, с. 26-27].

Геодезичні вимірювання сторін і кутів державної геодезичної мережі виконуються на фізичній поверхні Землі і наносяться на поверхню референц-еліпсоїда [9, с. 27].

Для правильної організації всіх видів геодезичних робіт створюються проектні геодезичні та інженерно-геодезичні опорні мережі, пункти яких зберігають координати в районі проведення цих робіт [9, с. 27].

При цьому геодезична опорна мережа створюється тільки у вигляді замкнених геометричних фігур і з'єднується щонайменше з трьома пунктами ДГМ або геодезичної опорної мережі однакової точності [9, с. 27].

При використанні одночастотних приймачів довжина векторів не повинна перевищувати 20 км і 50 км для двочастотних приймачів. Кут відсікання супутника повинен бути не менше 15°, а інтервал вимірювання - 1, 5, 10, 15 с [9, с. 27].

Для кожної точки опорної мережі будується контур відстані до багатопверхових будинків та лісової рослинності [9, с. 27].

Прогнозне положення пунктів опорної геодезичної мережі, як правило, визначається супутниковими методами [9, с. 27].

При нівелюванні замкнених геометричних тіл максимальна лінійна помилка не повинна перевищувати 1:20000, а відхилення за висотою не повинно перевищувати $20\sqrt{L}$, мм, де L – довжина замкненої фігури в км [9, с. 27].

Геодезичні опорні мережі, створені на будівельних майданчиках або на поверхні гірничого майданчика, мають ряд особливостей: мережі часто створюються в умовній системі координат з прив'язкою до державної системи координат:

- мережі часто створюються в умовній системі координат з прив'язкою до державної системи координат; мережі обмежені в розмірах, часто містять невелику кількість фігур або полігонів;
- форма мережі є похідною від площі, що обслуговується, або форми об'єктів чи групи об'єктів;
- мережі обмежені за розміром, часто мають невелику кількість фігур або полігонів;
- сторони короткі;
- до точок мережі висуваються підвищені вимоги щодо стабільності положення за складних умов спостереження;
- несприятливі умови спостереження [9, с. 27-28].

Характеристики цільового призначення мережі підходять для мереж, що створюються при будівництві гідротехнічних споруд, мостів, багатоцільових тунелів та прецизійних споруд. Наприклад, при будівництві гребель значної висоти у вузьких долинах необхідно будувати багаторівневі мережі [9, с. 28].

При створенні сітки для мостового переходу важко проводити вимірювання вздовж берегів. Будівництво тунелів і деякі види точного будівництва вимагають більшої точності в певному напрямку. [9, с. 28].

Вище зазначені вимоги визначають тип опорних мереж з точки зору схеми будівництва та точності. Вибір схеми побудови залежить від призначення сітки, типу об'єкта, його форми і поверхні, фізико-географічних умов, необхідної точності і наявності геодезичних приладів [9, с. 28].

Триангуляційні та трилатераційні мережі використовуються, наприклад, для невеликих об'єктів, що потребують високої точності. Полігонометричні мережі створюються на закритих або забудованих територіях, тоді як лінійно-кутові мережі використовуються для створення мереж вищої точності [9, с. 28].

Залежно від розміру майбутньої споруди і з урахуванням технології будівництва, геодезичні опорні мережі створюються в кілька послідовних етапів (рівнів). При цьому можуть поєднуватися різні види будівництва. Наприклад, для геодезичних і розмічальних робіт в якості геодезичної основи можуть бути

використані лінійні кутові мережі, а потім доповнені полігонометричними ходами і теодолітами. Розвиток геодезичних приладів значною мірою визначає вибір методів побудови мереж. Поширення електронних тахеометрів призвело до більш частого використання лінійних кутових сіток і полігонометрії [9, с. 28].

Геодезична нівелірна мережа (висотна), як правило, створюється геометричним нівелюванням у вигляді простих реперів або систем реперів і полігонів, розташованих між первинними опорними пунктами [9, с. 28].

Висотна основа використовується для великомасштабних вимірювань з мінімальною висотою вимірювання (0,5, іноді 0,25 м), а також для робіт з планування та вертикальної розмітки. На будівельних майданчиках висотна основа часто створюється нівелюванням III і IV класів [9, с. 29].

Застосування електронних тахеометрів дозволяє в деяких випадках замінити геометричний спосіб нівелювання тригонометричним [9, с. 29].

Геодезична мережа складається з певної кількості точок, розташованих на земній поверхні, які мають відомі координати і висоти відносно прийнятої системи координат [13, с. 5]. Геодезичні мережі використовуються для вимірювання та фіксації геометричних параметрів об'єктів на земній поверхні. Призначення геодезичної мережі полягає в забезпеченні точного визначення географічних координат будь-яких об'єктів на місцевості та їх подальшого відображення на карті.

Геодезичний пункт - це пункт геодезичної мережі, закріплений на місцевості [14, с. 5].

Розрізняють такі види геодезичних мереж:

- глобальні, національні (державні) геодезичні мережі ;
- висхідні геодезичні мережі
- зйомочні геодезичні мережі;
- спеціальні (місцеві) геодезичні мережі. [14, с. 5].

Геодезична мережа, що охоплює усю поверхню Землі, створена за допомогою космічних геодезичних методів і супутникових спостережень [14, с. 5].

Координати її пунктів визначаються у геоцентричній декартовій системі координат з центром мас Землі як початком координат [14, с. 5].

Глобальна геодезична мережа використовується для науково-технічних досліджень у галузях геодезії, геофізики та астрономії, зокрема для вивчення форми Землі та її гравітаційного поля, визначення руху та деформації літосферних плит Землі, тощо [14, с. 5].

Для більш ефективного вирішення цих завдань необхідно постійно вдосконалювати глобальну геодезичну мережу, підвищуючи точність визначення координат точок [14, с. 5].

ДГМ є основною геодезичною мережею для всіх видів геодезичних і топографічних робіт в Україні [14, с. 5].

Вона складається з планових, висотних та планово-висотних мереж і включає пункти, розподілені по всій території країни і закріплені на місцевості спеціальними центрами для їх збереження та стійкості у плані і за висотою протягом тривалого часу.

Складовими компонентами державної геодезичної мережі є планова і висотна геодезичні мережі, пункти яких повинні бути з'єднані між собою або мати надійні геодезичні зв'язки.

Класифікація геодезичних мереж залежить від їх призначення та точності. Геодезичні мережі можна розділити на наступні класи:

1. Геодезичні мережі великої точності (I клас).

Ці мережі використовуються для проведення високоточних геодезичних робіт, таких як визначення координат та висот пунктів, визначення параметрів кривих поверхні землі, вимірювання та аналізу переміщень геодезичних пунктів тощо. Похибки таких мереж зазвичай не перевищують 1-2 мм на 1 км.

2. Геодезичні мережі середньої точності (II клас).

Ці мережі використовуються для проведення інженерно-геодезичних робіт, таких як побудова будівель та споруд, доріг, мостів, тунелів тощо. Похибки таких мереж зазвичай не перевищують 5-10 мм на 1 км.

3. Геодезичні мережі низької точності (III клас).

Ці мережі використовуються для проведення кадастрового знімання, а також для вимірювання та фіксації геометричних параметрів природних об'єктів та територій. Похибки таких мереж зазвичай перевищують 10 мм на 1 км.

Висотна геодезична мережа складається

- ✓ з нівелірної мережі I та II класів;
- ✓ нівелірної мережі III та IV класів.

Національна геодезична мережа створена для виконання таких основних завдань створення єдиної системи координат та висот на території країни:

- створення єдиної системи координат і висот на всій території країни;
- забезпечення геодезичними даними картографічних робіт;
- забезпечення геодезичними даними для обстеження природних ресурсів та ведення національних реєстрів;
- забезпечення основними даними наземної, морської та повітряної навігації, моніторингу повітряного середовища;
- спостереження за змінами форми Землі та гравітаційного поля в часі;
- вивчення геодинамічних явищ і сучасних вертикальних рухів земної поверхні;
- спостереження за зонами деформації земної поверхні для вдосконалення загальних карт сейсмічних зон;
- вивчення полярних рухів та нерівномірності обертання Землі;
- забезпечення метрологічної точності для визначення положення та орієнтації високоточних приладів.

Спільно із державною геодезичною мережею було створено державну гравіметричну мережу.

За допомогою спеціальної програми будується геодезична мережа спеціального призначення.

В Україні найбільш поширені геодезичні мережі класу 1-го та 2-го порядку, що створені для землевпорядної діяльності та розташовані на всій території країни. Для створення таких мереж використовуються високоточні методи

вимірювань, які забезпечують точність визначення географічних координат точок у міліметровому діапазоні.

Ці дані є важливим надбанням країни, тому для їх підтримки на сучасному рівні проводяться науково-виробничі, матеріально-технічні та фінансові заходи. Для кадастрових зйомки в Україні, як правило, використовують мережу з високою геодезичною щільністю.

Пункти геодезичної мережі згущення 3 класу визначаються з використанням традиційних геодезичних методів, таких як полігонометрія, триангуляція та трилатерація, а також методів супутникової геодезії, з середньоквадратичною помилкою пунктів у плані не більше 0,05 метра. Початковими пунктами геодезичної мережі 3 класу є пункти АГМ 1 класу та геодезичної мережі 2 класу.

Планові геодезичні мережі формуються з точок, взаємне розташування яких встановлено з максимальною точністю, використовуючи астрономічні, геодезичні та супутникові методи [14, с. 5].

Астрономічні методи покладаються на спостереження небесних тіл для визначення широти φ та довготи Λ кожної точки і астрономічної орієнтації в напрямку геодезичної лінії [14, с. 5].

Геодезичний метод використовує результати астрономічних спостережень для визначення координат деяких початкових пунктів геодезичної мережі, а також використовує вимірювання сторін та кутів геометричних фігур, щоб визначити координати інших пунктів, вершинами яких є фіксовані геодезичні пункти [14, с. 5-6].

Супутниковий метод визначає координати точок мережі на основі супутникових навігаційних спостережень [14, с. 6].

Для створення висотних геодезичних мереж можуть використовуватись геометричне нівелювання, тригонометричне нівелювання або супутниковий метод. Геометричне нівелювання є основним методом створення таких мереж, і висоти вимірюються від нуля Кронштадтського футштока [14, с. 6].

Вона з'єднує нівелірні мережі I, II, III та IV класів. Загальна схема побудови мережі така: перший клас ущільнюється другим, другий - третім, третій - четвертим, тобто за принципом від загального до часткового [14, с. 6].

Планово-висотні геодезичні мережі визначають як положення пунктів на площині, так і за висотою з необхідною точністю.

Геодезичні мережі згущення створюються в регіонах, де кількість пунктів державної геодезичної мережі є недостатньою, і поділяються на перший та другий розряди залежно від точності і послідовності розвитку [14, с. 6].

Знімальні геодезичні мережі використовуються для безпосереднього вимірювання контурів місцевості та інженерно-геодезичних вишукувань при будівництві споруд.

Спеціальні (місцеві) геодезичні мережі створюються для вирішення конкретних задач на певній ділянці з максимальною точністю, і система координат такої мережі вибирається таким чином, щоб поправка редукції при переході від вимірювань до проєкцій на місцеву державну поверхню була мінімальною [14, с. 6].

2.2 Способи створення геодезичних мереж

Референсні мережі використовуються як геодезична основа для топографічних зйомок, межових робіт при будівництві надземних і підземних споруд, моніторингу деформацій земної поверхні та споруд, що на ній ґрунтуються, монтажі та вивірці технологічного обладнання тощо. Поширення геодезичних опорних мереж зумовлене різними схемами та методами будівництва [9, с. 46].

Густота пунктів опорної геодезичної мережі на території міст і промислових об'єктів - не менше 8, на інших територіях - не менше 4, на незабудованих територіях - один пункт на 1 км² [9, с. 46].

Планові інженерно-геодезичні мережі згущення створюються триангуляціями, полігонометричними, лінійно-кутовими сітками, трилатераціями та геодезичними побудовами.

Триангуляція, трилатерація та полігонометричні мережі застосовуються тоді, коли геодезичні пункти втрачені з опорної мережі або коли на забудованій території відсутні супутникові спостереження.

Основним методом побудови планових геодезичних є GPS - метод визначення координат пунктів ДГМ [9, с. 46].

Цей метод спостережень корисний для геодезичних мереж на забудованих територіях, де взаємна видимість між пунктами обмежена. Довжина сторін цих мереж коливається від 2 до 7 км, рідко перевищуючи 10 км [9, с. 46].

Схема цих мереж повинна включати замкнуті геометричні фігури (трикутник, багатокутник, серединна система, геодезичний чотирикутник) з прив'язкою щонайменше до трьох опорних пунктів [9, с. 47].

Основним критерієм точності GPS спостережень при створенні інженерно-топографічних матриць є абсолютна та відносна похибка векторних вимірювань. Точність GPS-вимірювань залежить в основному від часу спостережень [9, с. 47].

Результати GPS-спостережень обробляються за допомогою програмного забезпечення від виробників цього типу обладнання [9, с. 48].

Спочатку отримують геодезичні координати точок (B - широта, L - довгота) на еліпсоїді WGS-84, потім їх переносять на еліпсоїд Красовського та прямокутні координати точок (X, Y) на площину проєкцій Гаусса-Крюгера [9, с. 48].

При обробці вимірювань дуже важливо отримати дані про точність просторового положення кожної точки сітки, похибку азимутальної довжини вектора та її відносну похибку [9, с. 48]

Планове положення пунктів геодезичної мережі найчастіше визначають за допомогою методу GNNS, але не слід забувати і про інші методи побудови цих мереж.

Тріангуляційна мережа використовується як геодезична основа для топографо-геодезичних і топографічних вимірювань та розмічальних робіт, а також для спостережень за деформаціями споруд і зсувними процесами [9, с. 48].

Тріангуляція виконується на всій площі будівельного майданчика одного класу (категорії). Вибір класу сітки в основному визначається площею досліджуваної території [9, с. 49].

В інженерії найбільш поширеними є геодезичні розбивочні мережі 4, 1 і 2 класів. [9, с. 49].

Специфічною особливістю тріангуляційної мережі є необхідність дотримання вимог до точності взаємного розташування точок, які знаходяться поруч або розділені двома або трьома частинами [9, с. 49].

Основні характеристики тріангуляції для геодезичних робіт широкого призначення наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Основні характеристики розрядної тріангуляції

Показники	4 клас	1 розряд	2розряд
Довжина сторони трикутника, км	5	5	3
Мінімально допустима величина кута, град			
– в ланцюгу з'єднання	20	20	20
– ланцюга з'єднання трикутників	30	30	30
– у вставці	30	30	20
Кількість трикутників між вихідною стороною або між початком і вихідною стороною	10	10	10
Мінімальна довжина вихідної сторони, км	2	1	1
Максимальне (СКП) кута, що обчислена за нев'язками у трикутниках, с	2	5	10

Максимально допустима нев'язка в трикутнику, с	8	20	40
Відносна похибка вихідної сторони (бази), що не перевищує	1/200000	1/50000	1/20000
Відносна похибка визначення довжини сторони в найслабшому місці, не більше	1/50000	1/20000	1/10000

[9, с. 49].

У триангуляційних мережах, призначених для спостереження за зміщенням споруд, проблема кількості і положення точок вирішується індивідуально, з урахуванням положення осей і точок маркування споруд [9, с. 49-50].

Точки розміщуються якомога ближче до конструкції, але таким чином, щоб не порушувалася стабільність положення точок [9, с. 50].

Триангуляційні мережі, призначені для вимірювання очікуваних переміщень об'єкта та важкодоступних відстаней, мають високі вимоги до точності визначення координат точок (2-5 мм) при малих довжинах сторін [9, с. 50].

Однак, зважаючи на інтенсивність спостережних робіт, триангуляція найчастіше використовується для перевірки стійкості опорних точок, розташованих у зонах деформацій [9, с. 50].

Щонайменше дві точки сітки повинні бути з'єднані з опорними точками головної осі об'єкта [9, с. 50].

Для розмічувальних робіт триангуляція може використовуватись безпосередньо як геодезична основа для розмічування споруд, або для розробки сіток нижчого порядку, які використовуються як маркувальні знаки [9, с. 50].

Найбільш типовими системами, що використовуються для побудови конкретних геодезичних мереж з аналітичною триангуляцією, є трикутні контури (для лінійних споруд), центральні системи (для міських і промислових районів), геодезичні чотирикутники (для мостів і гідротехнічних споруд), точкові трикутники і невеликі мережі цієї форми. Також можливе комбінування структур [9, с. 51].

На територіях, де відсутні або мало геодезичних опорних мереж, проектують локальні мережі [9, с. 51].

Точність маркувальної мережі безпосередньо залежить від типу конструкцій і конкретних завдань, які необхідно вирішити. Найчастіше вона становить від 1 до 2 см. У спеціальних геодезичних мережах потрібна вища точність - від 3 до 5 мм [9, с. 51].

Сьогодні на зміну методу триангуляції прийшов новий метод визначення координат і приростів координат - супутниковий метод, при якому звичайні точки геодезичної сітки з відомими координатами замінюються супутниками, координати яких можна обчислити в будь-який момент часу.

У деяких випадках може бути важко виконати дуже точні кутові вимірювання на геодезичній сітці будівельних опор (конструкцій) через наявність малих сторін сітки та будівельних перешкод. За таких обставин ефективною є сітка трилатерації.

Трилатерація будується як сітка довільної форми, що складається з окремих стандартних фігур (систем комірок, геодезичних чотирикутників) або їх комбінацій.

Метод трилатерації використовується для побудови опорних геодезичних мереж класу 4 і сіток густини класів 1 і 2 для різних цілей. Сітки трилатерації повинні відповідати вимогам, наведеним у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Вимоги для побудови геодезичних мереж методом трилатерації

Показники	4 клас	1 розряд	2розряд
Довжина сторони трикутника, км.	2-5	0,50-5	0,25-3
Мінімальний кут у трикутника, град	30	20	20
Мінімальний кут у чотирикутника, град	25	25	25
Кількість трикутників між вихідними сторонами або між вихідним пунктом і вихідною стороною	-	10	10

Мінімальна довжина вихідної сторони, км	2	1	1
Відносна середня квадратична похибка вимірювання сторони мережі	1/40000	1/20000	1/10000

[9, с. 54].

Розрахунок точності триангуляційної мережі базується на взаємозв'язку між похибкою m_α кута A трикутника і похибками m_a, m_b, m_c його сторін a, b, c .

Цей зв'язок при $m_a=m_b=m_c=m_s$ встановлюється формулою:

$$m_\alpha = m_s \sqrt{\frac{1}{P_A}} \quad 2.1$$

де, m_s -середня квадратична похибка вимірювання сторін

$\frac{1}{P_A}$ - обернена вага вимірювання сторін.

Базовою формою трилатераційної мережі є трикутник зі сторонами, що вимірюються як a, b, c .

Кути трикутника обчислюються за допомогою тригонометричних формул.

Для лінійно витягнутих об'єктів трилатераційна мережа складається з ланцюжка трикутників [9, с. 56].

Одним з основних недоліків ряду, продовженого ланцюгом трикутників з вимірними сторонами, є те, що в таких мережах поперечне зміщення ряду значно перевищує поздовжнє, що призводить до неоднорідних похибок ряду і накладає підвищені вимоги до обчислення необхідної частоти згущення азимутів [9, с. 56].

Ще одним недоліком трикутних матриць трилатерації є відсутність контролю якості вимірювань для кожної фігури, оскільки сума обчислених трикутних кутів завжди дорівнює 180° для кожної похибки вимірювання довжини сторони [9, с. 57].

З урахуванням цих особливостей мережу трилатерації будують за допомогою геодезичних чотирикутників.

У кожному геодезичному чотирикутнику вимірюються шість сторін, а одна сторона є надлишковою і може бути обчислена. Це можна використовувати як контроль якості в польових умовах при вимірюванні довжин. Крім того,

геодезичний чотирикутник є жорсткою фігурою, а комплексний ряд геодезичних чотирикутників є більш точним [9, с. 57].

Трилатераційні таблиці широко застосовуються в практиці геодезичних робіт при будівництві висотних будівель, веж, атомних електростанцій, точних конструкцій, при складанні складного технологічного та гірничодобувного обладнання [9, с. 57].

Трилатерація з короткими сторонами називається мікротрилатерацією і іноді є єдиною можливим методом створення геодезичної основи для розмічувальних робіт [9, с. 57-58]

Розвиток геодезичного обладнання сприяло застосуванню лінійно-кутової мережі.

Лінійно-кутова сітка - це сітка, в якій вимірюються всі або частина кутів і сторін. Порівняно з триангуляцією та трилатерацією, лінійна кутова сітка менше залежить від геометрії форми. Вона значно зменшує залежність між поздовжніми і поперечними зміщеннями і дозволяє точно контролювати кутові і лінійні вимірювання. Лінійно-кутова решітка дозволяє обчислювати координати точок приблизно в 1,5 рази точніше, ніж триангуляція і трилатерація [9, с. 59].

При порівнянні лінійно-кутових мереж виникає питання про співвідношення між кутовими та лінійними похибками вимірювань [9, с. 59].

Це співвідношення вважається прийнятним, якщо:

$$\frac{m_{\beta}}{p} : \frac{m_s}{s} = 1 \quad 2.2$$

На практиці намагаються витримати співвідношення:

$$\frac{1}{3} \geq \left(\frac{m_{\beta}}{p} \right) \div \left(\frac{m_s}{s} \right) \geq 3 \quad 2.3$$

Якщо $\frac{m_{\beta}}{p} \div \frac{m_s}{s} \leq \frac{1}{3}$, лінійні вимірювання майже не покращують точність елементів мережі [9, с. 59]

Якщо $\frac{m_{\beta}}{p} \div \frac{m_s}{s} \geq 3$, то одночасне вимірювання кутів і довжин також не підвищує точність, оскільки точність елементів сітки при трилатерації і лінійно-кутовому методі стає практично однаковою [9, с. 59-60].

Прикладом лінійно-кутової сітки для створення геодезичної основи є чотирикутна сітка без діагоналей, придатна для забудованих територій і лісових масивів [9, с. 61].

Мережі триангуляції, трилатерації та полігонометрії застосовуються, коли геодезичні пункти втрачені з опорної мережі або коли супутникові спостереження GPS на забудованих територіях неможливі [9, с. 64].

Найпоширенішим методом згущення проектних геодезичних масивів для топографічних зйомок, планування забудови та будівельних робіт у населених пунктах і промислових зонах є полігонометричні масиви. Вони використовуються для всіх видів геодезичних робіт, в тому числі для спостережень за плановими переміщеннями земної поверхні та різних споруд на ній [9, с. 65].

Залежно від площі ділянки, форми ділянки і наявності вихідних точок проектується полігонні вихідні точки вищого класу, системи переміщення на основі вузлів або поодинокі переміщення на основі системи замкнених полігонів [9, с. 65].

Розрізняють витягнутий і вигнутий розімкнутий полігонометричні ходи [9, с. 65].

В таблиці 2.3 наведемо основні характеристики полігонометричної мережі.

Таблиця 2.3

Основні характеристики полігонометричної мережі

Показники	4 клас	1 розряд	2 розряд
1	2	3	4
Гранична довжина ходу, км			
- окремого	14	7	4
- між вихідними і вузловими точками	9	5	3
- між вузловими точками	7	4	2
Граничний периметр полігона, км	40	20	12
Довжини сторін ходу, км:			

- найбільша	3	0,80	0,50
- найменша	0,25	0,12	0,08
- середня	0,50	0,3	0,2
Кількість сторін у ході, не більше	15	15	15
Середня квадратична похибка вимірюючого кута (нев'язка у ходах і в полігонах), не більше, с	3	5	10
Кутова невязка ходу або полігона, не більше, де n –кількість кутів у ході	$5''\sqrt{n}$	$10''\sqrt{n}$	$20''\sqrt{n}$
Середня квадратична помилка вимірювання довжини сторони, см			
– до 500 м			
– від 500 до 1000 м	10	10	10
– більше 1000 м	20	20	–
	1/40000	–	–
Довжина діагоналі ходу, км	11-15	5	3
Відносна похибка ходу, не більше	1:25000	1:10000	1:5000

[9, с. 66].

Використання сучасних вимірювальних приладів і методів дозволило відхилитися від встановлених стандартів [9, с. 66].

Проектування полігонометричних маршрутів вздовж доріг, вулиць і перехресть в умовах, сприятливих для кутових і лінійних вимірювань [9, с. 66].

При вимірюванні сторін світловіддалемірами іноді вдається збільшити довжину опорних сторін до 30% [9, с. 66].

Геодезична знімальна мережа розвивається з пунктів державної та опорної геодезичної мережі. Пункти геодезичної знімальної мережі, як правило, закріплюються тимчасовими матрицями [9, с. 79].

В якості наземних геодезичних пунктів при необхідності використовують центри свердловин і шурфів [9, с. 79-80].

Загальна густота геодезичної опорної та знімальної мережі становить не менше 4, 12, 16, 20 пунктів на 1 км² для вимірювань у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 відповідно [9, с. 80].

Геодезична знімальна мережа (висотна основа) створюється, в основному, за допомогою супутникової технології GNSS, виконанням теодолітних ходів електронними тахеометрами, методами тріангуляції, прямого, оберненого і комбінованого повернення або комбінаціями цих методів, виконанням геометричних і тригонометричних нівелірних ходів і виконанням супутникового нівелювання [9, с. 80].

Граничні помилки формування геодезичної мережі за допомогою теодолітних ходів не повинні перевищувати подвоєних середніх квадратичних помилок [9, с. 80].

Гранично допустима похибка визначення координат пунктів геодезичної мережі відносно пунктів опорної геодезичної мережі не повинна перевищувати таких значень, наведених у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Характеристика планової знімальної мережі

Масштаб	Середні квадратичні похибки координат пунктів знімальної мережі на місцевості, м	
	забудованій	вкритій заростями
1:5000	0,50	0,75
1:2000	0,25	0,35
1:1000	0,12	0,20
1:500	0,07	0,10
1:200	0,03	-

[9, с. 80].

Паралельно зі зйомками тахеометрами розвивається мережа планових висотних зйомок за допомогою електронних тахеометрів або GNSS-технологій [9, с. 80].

Мережа GNSS знімання створюється статичним методом з постобробкою або методом RTK (реального часу) [9, с. 80].

Державна геодезична мережа будується з використанням тріангуляції, полігонометрії та їх комбінацій, які забезпечують координати X і Y площини та координати B і L поверхні точки [10, с. 7].

Координата висоти Z (або H) визначається за допомогою методів нівелювання:

- геометричним, використовують для визначення висоти точок на поверхні Землі з використанням звичайного рівня та вимірювань відстаней за допомогою різних геодезичних приладів, таких як нівеліри, теодоліти або лазерні дальноміри. Цей метод найбільш точний, але його використання обмежене до невеликої площі;

- тригонометричним, використовують для визначення висоти точок на поверхні Землі з використанням тригонометричних формул та вимірювання кутів та відстаней між точками. Цей метод використовують для визначення висоти точок на великих відстанях, таких як гірські масиви, але його точність залежить від багатьох факторів, таких як атмосферні умови, точність вимірювань та ін.;

- гідростатичним, використовують для визначення висоти точок на поверхні Землі за допомогою різниці між тиском рідини та її вагою. Цей метод використовують для вимірювання висот на великих відстанях, наприклад, при визначенні рівня моря, але його використання обмежене до областей з наявністю рідини, наприклад, на берегах морів та океанів [11, с. 7].

Геодезична мережа - це система точок на земній поверхні, що закріплені спеціальними центрами та знаками, координати яких визначені за допомогою геодезичних методів [11, с. 7].

Вона складається з трикутників з вимірними кутами та сторонами, які прив'язані до поверхні земного еліпсоїда або площини. За допомогою координат початку координат та азимутального кута лінії обчислюються координати всіх точок мережі [11, с. 7].

На рисунку 2.1 зображено ряд трикутників, що складають мережу триангуляції.

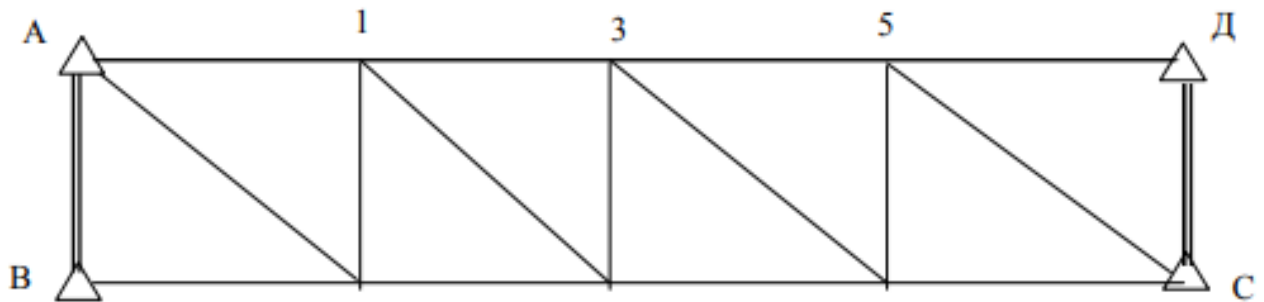


Рис. 2.1 Ряд трикутників мережі триангуляції [11, с. 7]

На рисунку 2.2 зображено геодезичний чотирикутник, що складає мережу триангуляції.

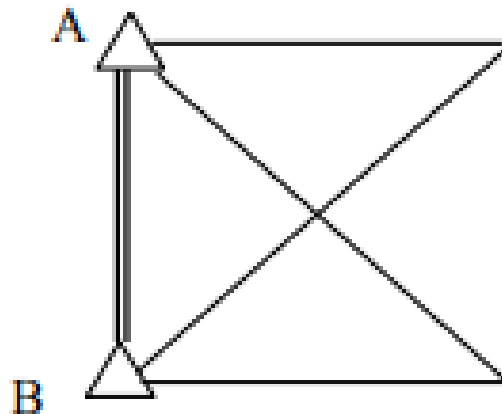


Рис.2.2 Геодезичний чотирикутник [11, с. 7]

На рисунку 2.3 зображено вставка пунктів у трикутник, яка вважається однією із типових форм мережі триангуляції.

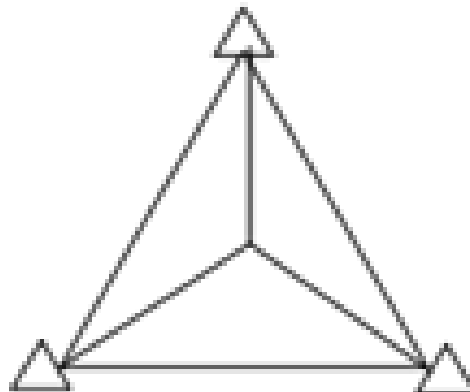


Рис. 2.3 Вставка пунктів у трикутник [11, с. 7]

На рисунку 2.4 зображено центральну систему мережі триангуляції.

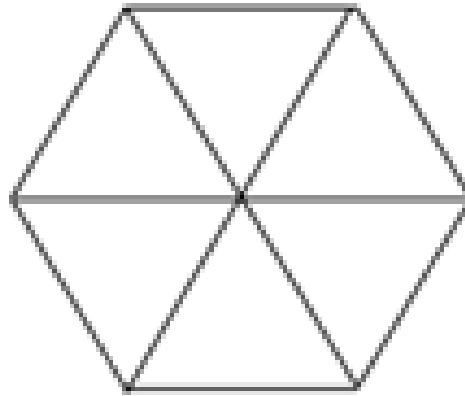


Рис.2.4 Центральна система мережі триангуляції [11, с. 7]

Метод триангуляції застосовуються у відкритій і напіввідкритій місцевості та гірській місцевості [12, с. 7].

В закритій місцевості застосовуються метод полігонометрії у вигляді різного роду ходів і полігонів. В полігонометрії вимірюються всі кути і сторони [11, с. 8]

На рисунку 2.5 зображено замкнений хід полігонометрії.

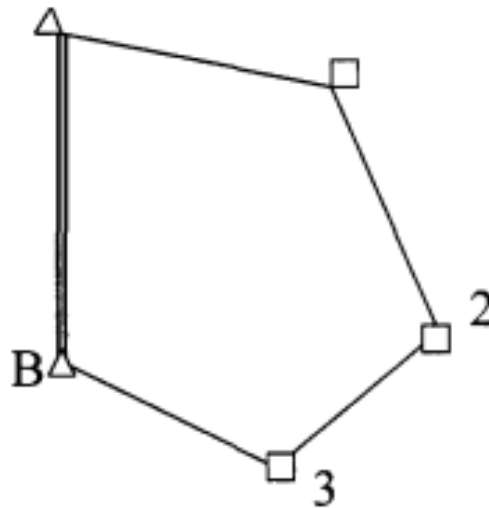


Рис.2.5 Замкнений хід полігонометрії [11, с. 8]

На рисунку 2.6 зображено розімкнений хід полігонометрії.

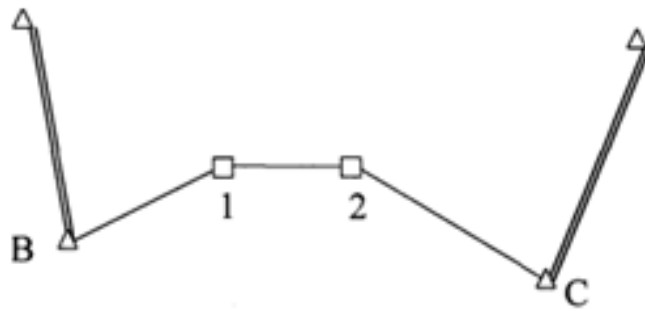


Рис. 2.6 Розімкнений хід полігонометрії [11, с. 8]

На рисунку 2.7 зображено полігонометричний хід з вузловою точкою.

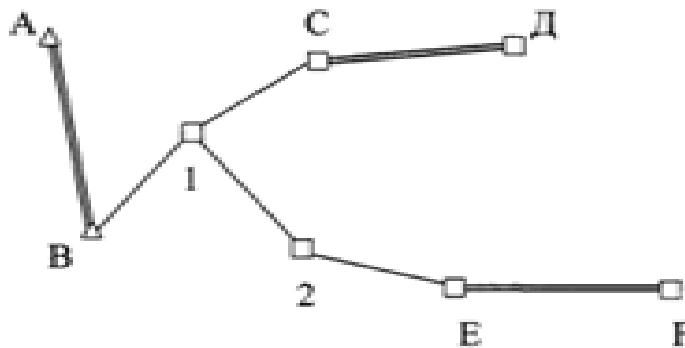


Рис.2.7 Полігонометричний хід з вузловою точкою [11, с. 8]

На рисунку 2.8 зображено систему ходів полігонометрії

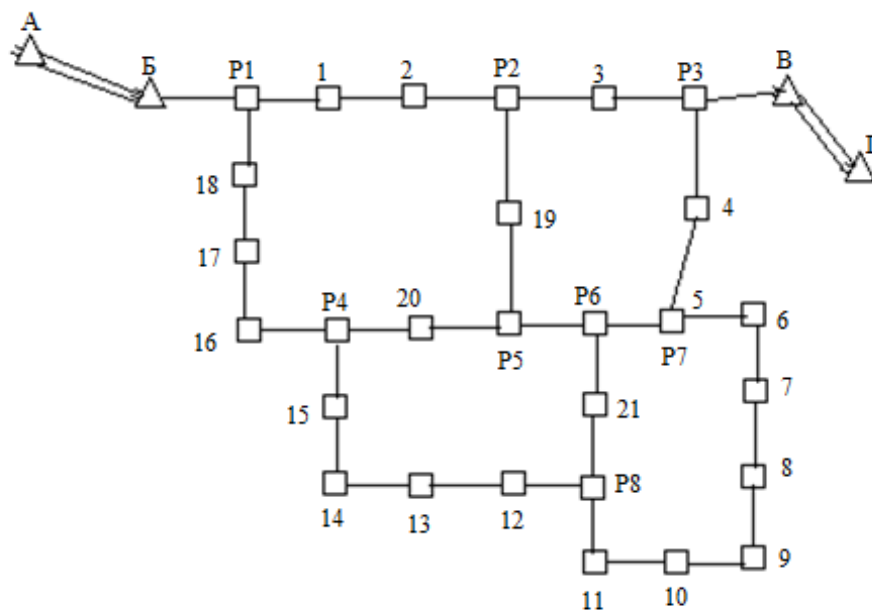


Рис. 2.8 Система ходів полігонометрії [11, с. 8]

Останнім часом для побудови геодезичних мереж все більше використовують трилатерацію та лінійно-кутові мережі, замість полігонометрії та триангуляції, які були основними методами у минулому. Трилатерація вимірює всі довжини сторін радіовіддалемірами або світловіддалемірами, що дозволяє отримати більш точні результати. У лінійно-кутовій мережі вимірюють всі кути та всі сторони, що дає найточніші результати. Координати точок на земній поверхні можна визначити за допомогою астрономічних або супутникових методів [11, с. 8-9].

Супутникова система GPS здатна автономно визначати координати точок з високою точністю і мінімальним часом спостереження. Державні геодезичні мережі 1 і 2 класів використовуються для створення єдиної системи координат і вирішення наукових завдань, таких як визначення розмірів і форми Землі, горизонтальних і вертикальних рухів земної кори тощо.

Мережі 3 і 4 класів використовуються для дрібномасштабних топографічних зйомок до 1:10000.

У державній геодезичній мережі похибка взаємного положення сусідніх пунктів не повинна перевищувати 1:25000.

Геодезичні мережі I та II класів використовуються для забезпечення топографічних знімків масштабу 1:5000-1:500 та для інженерних робіт [11, с. 9].

ДГМ вимагає, щоб похибка у взаємному розташуванні сусідніх пунктів не перевищувала 1:25 000.

Геодезичні мережі I і II класів використовуються для топографічних зйомок у масштабах 1:5000-1:500 і для будівельних робіт.

У таких мережах похибка взаємного розташування пунктів складає 1:10000.

Знімальні мережі є основою для топографічних знімків всіх масштабів і будуються за допомогою різних типів засічок та відповідним прокладанням теодолітних чи мензульних ходів [10, с. 9].

Точність планових мереж складає 1:3000, а висотних - $0,2\sqrt{L}$, де L - довжина ходу в кілометрах [11, с. 9].

Визначення координат окремих пунктів не є методами створення опорних мереж і не згадується в цій схемі. Густота пунктів державних мереж недостатня для виконання геодезичних робіт.

Мережі згущення можуть бути побудовані різними методами, такими як метод подвійного з'єднання, метод переривчастої триангуляції, метод переривчастого лінійного кута, метод переривчастого чотирикутника, метод недіагонального чотирикутника професора Зубрицького, метод поперечних відступів професора Дурнева та метод полюсів доктора Романчука [11, с. 10-11].

2.3 Використання геодезичної мережі під час здійснення робіт із землеустрою

Геодезичною основою державного земельного кадастру (ДЗК) є державна геодезична мережа.

Картографічна основа складається з карт (планів), складених за формою і масштабом відповідно до технічних стандартів, норм і правил, встановлених державою.

Для створення картографічної основи ДЗК використовується єдина система координат.

Основною відмінністю кадастру від інших державних реєстрів та баз даних є геопросторовий характер інформації, що міститься в ньому.

По-перше, межі різних просторових об'єктів - ділянок, володінь, землекористувань, обмежень землекористування, адміністративно-територіальних одиниць, державних кордонів тощо - не завжди є чіткими.

ДЗК містить інформацію про місце розташування земельних ділянок та обмеження у використанні земель.

ДЗК містить інформацію про координати пунктів державної геодезичної мережі.

На карті відображаються такі дані

- дата створення;

- інформація про особу;
- масштаб та система координат картографічної основи.

Картографічна основа для ДЗК є такою ж, як і для створення та ведення міського кадастру та інших реєстрів природних ресурсів.

Для здійснення геодезичних робіт у землеустрії необхідно використовувати найближчу геодезичну мережу як координатну основу.

Однак, для польових робіт допустимо використовувати лише сертифіковані GNSS-мережі, про що необхідно переконатися перед початком робіт та мати відповідні документи.

Порядок використання GNSS-мереж при проведенні польових геодезичних робіт для цілей кадастру:

- виконавець має ознайомитися з технічними специфікаціями сервісів, що надає GNSS-мережа, та обрати той сервіс, що забезпечує задану для проведення робіт точність;
- укласти договір із постачальником сервісів (копію договору необхідно навести у складі землевпорядної документації як підтвердження факту використання відповідного сервісу);
- виконати GNSS-спостереження відповідно до вимог «Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500»;
- застосувати до отриманих вимірювань GNSS-поправки, що надаються сервісами GNSS-мережі;
- виконати опрацювання (врівноваження) результатів вимірювань у відповідному програмному забезпеченні.

Рекомендується встановлювати щонайменше п'ять базових станцій у мережі RTK, які зазвичай є постійно діючими і об'єднують дані для отримання RTK-поправок для мобільних приймачів. Відстань між базовими станціями зазвичай становить близько 70 км.

RTK Мережа – це мережа стаціонарного встановлення GPS чи GNSS-станцій, які об'єднують дані з цих станцій для отримання RTK-поправок для мобільних приймачів.

РОЗДІЛ 3.

ПРОЄКТУВАННЯ І РЕКОГНОСТУВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ

3.1 Проектування геодезичних мереж

Проектування геодезичних мереж є однією з найважливіших стадій в землевпорядній діяльності. Вона передбачає створення взаємопов'язаних геодезичних пунктів, що забезпечують точне визначення географічних координат будь-яких об'єктів на місцевості та їх подальшу фіксацію на карті.

Проектування геодезичних мереж передбачає розв'язання наступних завдань:

1. Визначення території для створення геодезичної мережі. Це включає в себе визначення меж території, що підлягає дослідженню, вибір оптимальних розташувань геодезичних пунктів та оцінку можливості їх розміщення на досліджуваній території.

2. Визначення класу та точності геодезичної мережі. Це включає в себе визначення цільового призначення мережі, методів вимірювання та технічних параметрів мережі.

3. Вибір методів та засобів вимірювання. Це включає в себе вибір технічних засобів для проведення геодезичних робіт, а також вибір методів та алгоритмів обробки вимірювань.

4. Розрахунок координат геодезичних пунктів та створення математичної моделі геодезичної мережі. Це передбачає проведення розрахунків та створення спеціальної математичної моделі мережі, яка дозволить визначати координат геодезичних пунктів та забезпечить їх взаємозв'язок.

5. Розробка технічних завдань на проведення геодезичних робіт. Це передбачає створення плану робіт, розробку схеми встановлення геодезичних пунктів, а також підготовку документації для замовника.

Геодезичні мережі будуються по технічним проектам.

Підготовка технічного проекту включає в себе ряд підготовчих робіт:

- аналіз умов, необхідних для проектування геодезичної мережі та додаткових вимог, які необхідно виконати при створенні цієї мережі;
- топографо-геодезичне та картографічне вивчення досліджуваної території;
- детальне вивчення фізико-географічних та економічних умов досліджуваної території;
- обстеження стану доріг та водних шляхів у цьому районі; закупівля будівельних матеріалів, необхідних для встановлення знаків; перевірка наявності можливості оренди транспортних засобів та найму робочої сили [11, с. 16-17].

Для здійснення дослідження території використовуються різноманітні джерела, включаючи топографічні карти, спеціальні карти та літературні звіти про проведені дослідження в регіоні. Крім того, спеціалісти проводять виїзди на місце для отримання необхідних даних та вивчення об'єкту в натурі [11, с. 17].

При плануванні проекту геодезичної мережі вибирають методи її побудови, які забезпечують необхідну точність і при цьому мають мінімальні витрати. Це можуть бути такі методи, як триангуляція, полігонометрія, трилатерація та несучільні спостереження.

Для визначення економічної ефективності різних варіантів побудови мережі розробляються відповідні кошториси витрат. Після порівняння різних варіантів вибирається найбільш економічно вигідний, який дозволяє мінімізувати висоту геодезичних пунктів [11, с. 17].

При проектуванні геодезичної мережі особливу увагу слід приділити проектуванню центру та обґрунтуванню його глибини, визначенню довжини країв мережі, вибору азимутального напрямку та якомога точнішому вимірюванню базової лінії. При цьому проектування мережі виконується на карті масштабу 1:100 000 або більшого. Пункти геодезичної мережі повинні бути розташовані на домінуючих висотах водозбору, щоб забезпечити безперервність мережі в усіх напрямках [11, с. 17].

На топографічних картах гідрографію зображують синім кольором, а водорозділи - коричневим. Головні водорозділи лежать між найбільш крупними річками, водорозділи 2-го порядку - між притоками крупних річок на відстані від

20 до 40 км, а водорозділи 3-го порядку - між водорозділами 2-го порядку на відстані від 6 до 15 км.

Проектування геодезичних мереж починається з відображення на карті існуючих пунктів попередніх геодезичних робіт. Пункти 1-го класу зазвичай розміщують на командних вершинах головних водорозділів, а також на водорозділах 2-го порядку. Пункти 2-го класу розташовуються на висотах водорозділів 2-го і 3-го порядку, тоді як пункти 3-го і 4-го класу проектують у відповідності з нормами щільності розміщення пунктів [11, с. 17].

У таблиці 3.1 показано рекомендовану кількість пунктів на 1 км² з урахуванням масштабу [11, с. 17].

Таблиця 3.1

Кількість пунктів на 1 км²

Масштаб топографічного знімання	Один пункт на км ²
1:25000-1:10000	50-60
1:5000	20-30
1:2000	5-15

У важкодоступних районах норма густоти може знижуватись, але не більше ніж в 1,5 рази [11, с. 18].

У міських поселеннях з населенням не менше 100 000 мешканців і площею не менше км². норматив щільності становить у середньому 1 пункт на 5-15 км² [11, с. 18].

Геодезичні мережі проектують окремо за класами: спочатку мережу першого класу, потім мережу другого класу, потім мережу третього класу і окремо мережу четвертого класу [11, с. 18].

Проекти рядів і мереж 1 -го і 2-го класів розробляють на картах масштабу 1:100000, а мереж 3 і 4 класів на картах масштабу 1:25000 [11, с. 18].

Детальна підготовка окремих розділів проекту виконується на картах більшого масштабу та аерофотознімках [11, с. 18].

Ряди і мережі 1-го і 2-го класів будують на картах масштабу 1:100000, а мережі 3-го і 4-го класів - на картах масштабу 1:25000 [11, с. 18].

Довжини лінії не повинна перевищувати 200 км. Вага останньої з'єднувальної сторони лінії (вагаворотного зв'язку) повинна становити 100 одиниць з точністю до шостого знаку після коми [11, с. 18].

Якщо кількість трикутників у триангуляційному з'єднанні класу 1 становить 20 або більше, виміряйте проміжне базове ребро в центрі з'єднання і визначте точки Лапласа на обох кінцях [11, с. 18].

Для полігональних мереж класу 1 з більш ніж 10 ребрами, точки Лапласа визначаються на обох кінцях ребра в центрі з'єднання [11, с. 18].

Державні геодезичні мережі 2 класу будують у вигляді системи трикутників, суцільно заповнюючих полігони 1 класу [11, с. 18].

Точки 2 класу повинні бути з'єднані з краями трикутного ряду точок 1 класу. Для зменшення висоти знака можна з'єднувати тільки точки 1 класу, щоб зменшити висоту знака [11, с. 18].

Цей метод кріплення не можна використовувати на кутах багатокутників і проміжних нижніх позиціях класу 1 [11, с. 18].

Найкращим з'єднанням, що забезпечує найкоротший шлях від межі класу 1 до необхідної мережі класу 2, є геодезичний чотирикутник, в якому точка класу 2 розміщена на чотирикутнику класу 1 (з довгою діагоналлю як мережею класу 1) [11, с. 18].

Коли геодезична мережа класу 2 створюється методом полігонометрії, маршрут повинен бути розширений. Схема мережі створюється окремо для кожного випадку [11, с. 19].

Мережі триангуляції 3 класу спроектовані як системи трикутників, щільно з'єднаних з ребрами трикутників класу 2. В окремих системах допускається від однієї до десяти точок класу 3 [11, с. 19].

Триангуляційні мережі 4 класу призначені для створення геодезичних вихідних карт для топографічних зйомок масштабу 1:5000 і вище. У цьому

випадку застосовуються ті ж правила, що і при проектуванні мереж 3 класу [11, с. 19].

Полігонометрію 3 і 4 класів проектується у вигляді систем ходів або одиночного ходу, що базується на пунктах вищого класу. При цьому допускається не більше двох поворотів маршруту між вузлами [11, с. 19].

Щоб мінімізувати вплив навколишнього середовища на результати кутових і лінійних вимірювань, промінь прицілювання для триангуляції і полігональних вимірювань класу 1 повинен проходити через перешкоди рельєфу не більше 4-6м [11, с. 19].

Мережі класів 2-4 повинні забезпечувати взаємну видимість вздовж лінії. Технічний проект супроводжується описом, що містить науково-технічне обґрунтування всіх аспектів проекту [11, с. 19].

Отже, проектування геодезичних мереж є складним і важливим процесом, що передбачає проведення різноманітних досліджень та розробку детальної технічної документації. Головною метою проектування є створення геодезичної мережі, що забезпечує точність та надійність даних, отриманих в процесі геодезичних робіт.

При проектуванні геодезичних мереж необхідно враховувати різноманітні фактори, такі як цільове призначення мережі, характеристики території, вимоги до точності та зручності використання даних, забезпечення безпеки робіт і т.д.

Усі етапи проектування геодезичних мереж повинні проводитись з дотриманням нормативно-правової та законодавчої бази, а також з урахуванням сучасних технологій і методів геодезичних робіт. Тільки так можна забезпечити високу якість та надійність даних, отриманих в процесі геодезичних робіт, і їх ефективне використання в різних галузях, таких як кадастрові роботи, будівництво, аграрний сектор та інші.

3.2 Рекогностування геодезичних мереж

Рекогностування геодезичних мереж є важливим етапом перед початком проектування мережі. Цей етап передбачає попередній огляд території, вибір місць для розташування геодезичних пунктів та визначення цільового призначення мережі.

Наведемо детальніше процес рекогностування геодезичних мереж.

1. Попередні дослідження

Першим етапом рекогностування є проведення попередніх досліджень території, на якій планується проведення геодезичних робіт. На цьому етапі вивчається геологічна і гідрографічна структура території, а також проводяться огляди місцевості для визначення місць розташування геодезичних пунктів.

2. Вибір місць для розташування геодезичних пунктів

На другому етапі рекогностування визначаються місця розташування геодезичних пунктів. Для цього проводяться різні види досліджень, такі як дистанційне зондування, зйомка з повітря, лазерні вимірювання, та інші. В результаті цих досліджень визначається оптимальна кількість та розташування геодезичних пунктів, що забезпечать необхідну точність та надійність мережі.

3. Визначення цільового призначення мережі

Останнім етапом рекогностування є визначення цільового призначення геодезичної мережі. Це важливий крок, що передбачає визначення мети та функцій мережі, які повинні задовольняти потреби замовника. Наприклад, мережа може використовуватись для кадастрового знімання земель, геодезичних робіт у будівництві, вивчення гідрометеорологічних умов тощо. В залежності від цільового призначення мережі, визначається необхідний рівень точності та кількість геодезичних пунктів.

Для успішного проведення рекогностування геодезичних мереж необхідно враховувати багато факторів. Наприклад, геологічна і гідрографічна структура території, наявність різних будівель та споруд, наявність комунікацій, ландшафтні особливості, а також наявність інших геодезичних мереж у зоні проведення робіт.

Для перевірки проекту геодезичної мережі, створеної в камеральних умовах, проводяться рекогносцивальні роботи з наступними завданнями: уточнення запропонованої схеми мережі та вибір остаточного розміщення кожного пункту на місцевості; остаточний розрахунок висот геодезичних знаків, що будуть встановлені на пунктах; вибір типів знаків, підземних центрів і визначення глибини їх закладання; та уточнення даних, на основі проблем, вирішених під час проектування та підготовки кошторисної частини проекту [11, с. 19].

При цьому потрібно уникати встановлення точок в місцях, де не можна гарантувати довгострокову безпеку цих пунктів, таких як цивільні інженерні споруди, житлові будинки, залізниці, автомагістралі та високовольтні лінії (знаки, підземні центри) [11, с. 19].

При визначенні положення точки на точку Лапласа використовують опорну точку і положення астрономічного полюса, а відреконсторовані пункти позначають на місцевості курганами, віхами або стовпами з написами на затесах дерев.

Методи рекогносцивування можна розділити на візуальні та інструментальні [11, с. 20].

Візуальні методи використовуються, коли можна бачити між точками без перешкод, а якщо видимість обмежена, можуть бути встановлені віхи, телескопічні щогли або рекогносцивальні драбини. У деяких випадках можна піднятися на високі об'єкти, такі як дерева, щоб забезпечити видимість. Якщо між точками є пряма видимість, висоту геодезичного знака можна визначити, просто вимірюючи висоту, з якої відкривається круговий огляд навколо спостережуваної точки.

Інструментальні методи рекогносцивування використовуються, коли візуальні спостереження неможливі, так як місцевість лісиста або горбиста, або на відкритих рівнинах з небагатьма орієнтирами. У цьому випадку положення проєктованої точки і перевищення між перешкодою і точкою визначаються за допомогою висотно-теодолітних або мензульних ходів, геодезичних засічок, тригонометричного та барометричного нівелювання та інших способів [11, с. 20].

Під час рекогностування збирається інформація, що є необхідною для успішної організації будівельних робіт, зокрема високоточних астрономо-геодезичних вимірів. Ця інформація включає в себе зручні під'їзди до пунктів, місця для збору будівельних матеріалів та деревини, джерела питної води, можливі місця для вертолітних майданчиків і аеродромів на досліджуваній території.

Один з важливих аспектів рекогностування - це вибір методу зйомки. Найбільш поширеними методами є земна, літальна та космічна зйомка. Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки, і їх вибір залежить від конкретних умов проведення робіт.

При виборі місць розташування геодезичних пунктів необхідно дотримуватись ряду вимог, зокрема, вони повинні бути розташовані у відкритих місцях з мінімальними перешкодами для зйомки, повинні бути зручно доступні та безпечні для геодезистів, а також знаходитись на території, яка не буде піддаватись змінам протягом тривалого часу.

Після завершення рекогностування геодезичних мереж виконується ряд розрахунків, зокрема, визначення необхідної точності та кількості геодезичних пунктів, розрахунок координат та висот пунктів, визначення параметрів мережі та побудова схеми розташування геодезичних пунктів.

Рекогностування може проводитись до або одночасно зі спорудженням геодезичного знака.

Для рекогностування існують два способи: перший застосовується на відкритих ділянках, де висоту знаків і видимість між точками можна визначити візуально, а другий - за допомогою побудованих маяків, що дозволяє швидко коригувати висоту маяків і підвищувати якість розвідки і будівництва. Основними документами є протоколи рекогностування [11, с. 20-21].

Отже, рекогностування геодезичних мереж є важливим етапом в процесі створення надійних та точних геодезичних мереж для різних цільових призначень. Правильне рекогностування забезпечує необхідну точність і кількість геодезичних пунктів для подальшого використання мережі у різних галузях.

3.3 Оцінка точності побудови геодезичних мереж

При проектуванні геодезичних мереж, виходячи з призначення робіт, форми і площі об'єкта необхідно вирішити такі завдання:

- з'ясувати вихідні вимоги до точності побудови мережі;
- визначити кількість ступенів (етапів) розвитку мережі;
- вибрати для кожного ступеня вид побудови мережі;
- призначити загальні вимоги до точності побудови мереж на кожному ступені;
- визначити необхідну точність вимірів для побудови геодезичної мережі на кожному ступені [9, с. 29].

Основу будь-якого геодезичного проектування становлять вимоги до точності виконання робіт [9, с. 29].

Величина середньої квадратичної похибки m_F функції зрівняних елементів мережі може бути підрахована за формулою:

$$m_F = \mu \sqrt{\frac{1}{P_F}} \quad 3.1$$

де, m_F - похибка функції найбільш слабкого елемента

μ - похибка одиниці ваги вимірювань

$\frac{1}{P_F}$ - зворотня вага оцінюваного елемента мережі.

Щодо побудови опорних інженерно-геодезичних мереж завдання полягає в призначенні або розрахунку похибки функції того або іншого елемента мережі. Оскільки опорні геодезичні мережі розвиваються в кілька етапів, то існують вихідна і поетапна точності [9, с. 29].

За вихідну точність беруть точність визначення положення знімальної точки в плановому і висотному відношенні [9, с. 30].

Поетапна точність – це функція від вихідної точності, що припадає на кожен ступінь (рівень) побудови [9, с. 30].

У практиці інженерно-геодезичних робіт існують різні шляхи розв'язування завдання з визначення вихідної і поетапної точності [9, с. 30].

Вихідна точність може бути задана в технічному завданні, у нормативних документах або отримана розрахунковим шляхом [9, с. 30].

Так, при розрахунку точності планової основи для знімальних робіт за вихідну точність беруть середню квадратичну похибку планового положення знімальної точки:

$$m_{\text{вих.}} = 0,2 \text{ мм } M \quad 3.2$$

де, M – знаменник масштабу плану [9, с. 30].

При розрахунку точності висотної основи для знімальних робіт за вихідну точність може бути прийнято похибку визначення висоти точки за горизонталями. Її обчислюють за формулою:

$$m_H = \frac{1}{5} h \quad 3.3$$

де, h – висота перетину рельєфу [9, с. 30].

Допустима довжина ходу L полігонометрії між вихідними пунктами, на які він опирається, може бути знайдена з виразу:

$$\frac{1}{T} = \frac{\Delta}{L} \quad 3.4$$

де $\frac{1}{T}$ - гранична відносна нев'язка ходу у відповідності до Інструкції

Δ - гранична абсолютна нев'язка ходу [9, с. 30].

Для визначення поетапної точності беруть найбільш розширену послідовність [9, с. 30].

Нехай опорна мережа проектується п ступенями. Загальна (вихідна) похибка буде складатися з сумарних випадкових похибок вимірювань $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ в кожному ступені, де індекси означають номер ступеня побудови мережі [9, с. 31].

Якщо похибки малозалежні, то можна записати:

$$m_{\text{вих.}}^2 = m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + \dots + m_n^2 \quad 3.5$$

Виходячи з практичної необхідності, для розв'язання рівняння ставиться умова, що похибка вимірювань на першому ступені побудови мережі буде похибкою вихідних даних для наступного ступеня [9, с. 31].

Це можливо, якщо похибки кожного попереднього ступеня будуть у K раз менше похибок наступного, тобто:

$$m_1 = \frac{m_2}{K} = \frac{m_3}{K^2} \text{ чи } m_2 = \frac{m_3}{K} \text{ тощо} \quad 3.6$$

де, K – коефіцієнт забезпечення точності, який показує, у скільки разів похибка вихідних даних повинна бути менше похибки вимірювань, щоб першою можна було б знехтувати [9, с. 31].

Для загальних геодезичних робіт, включаючи й опорні геодезичні мережі, K задають таким, що дорівнює 2, і однаковим для всіх ступенів побудови геодезичної основи [9, с. 31].

Пропоную розглянути схему побудови геодезичної основи для знімання масштабу 1:500 трьома ступенями.

Згідно даного випадку формулу записуємо таким чином:

$$m_{\text{заг.}}^2 = m_1^2 + m_2^2 + m_3^2$$

Початкову похибку в такому випадку визначемо з допомогою такої формули:

$$m_{\text{вих.}}^2 = 0,2 \text{ мм} \times 500 = 10 \text{ см}$$

Використовуючи формулу 3.6 виражаємо похибки m_2 та m_3 через вже обчислену похибку m_1 , тобто:

$$m_2 = Km_1$$

$$m_3 = Km_2 = K^2m_1$$

Підставляємо це вираз до початкової формули і вводимо коефіцієнт $K=2$ та отримуємо таку формулу:

$$m_{\text{заг.}}^2 = m_1^2 + 4m_1^2 + 16m_1^2 = 21m_1^2$$

З даної формули обчислюємо величини похибок:

$$m_1 = \frac{10 \text{ см}}{\sqrt{21}} = 2.2 \text{ см}$$

$$m_2 = \frac{20 \text{ см}}{\sqrt{21}} = 4.4 \text{ см}$$

$$m_3 = \frac{40 \text{ см}}{\sqrt{21}} = 8.8 \text{ см}$$

Отримані величини похибок відображують похибки положення пунктів у найбільш слабкому місці схеми побудови мережі кожного *ступеня* відносно пунктів, на які цей ступінь спирається [9, с. 32].

Для визначення необхідної точності вимірювань на кожному ступені згущення геодезичної основи визначають залежність між похибкою вимірювань і похибкою, отриманою для даного рівня із загальних розрахунків [9, с. 32]

Якщо із загальних розрахунків для даної мережі згущення отримана похибка пункту в середині зрівняного полігонометричного ходу m_2 то наприкінці цього ходу вона буде вдвічі більша - $2m_2$ [9, с. 32].

Аналогічні розрахунки можна виконати для будь-якого виду побудови геодезичних мереж.

Правильна оцінка точності геодезичної мережі забезпечує визначення її придатності для виконання різних завдань, таких як кадастрове знімання земель, аерофотознімання, топографічне знімання, мінінгова геодезія та інші.

Для оцінки точності побудови геодезичної мережі використовуються різні методи, зокрема, вимірювання відстаней, кутів та висот, визначення геодезичних координат, використання GPS-навігації та інші. Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки, тому вибір методу залежить від конкретних умов проведення робіт.

Одним з головних факторів, які впливають на точність геодезичної мережі, є точність визначення геодезичних координат. Це може бути досягнуто за допомогою використання сучасних приладів та обладнання, таких як GPS-ресивери, теодоліти, нівеліри та інші. Крім того, важливим етапом є контроль точності вимірів та визначення коригуючих параметрів для врахування помилок та уточнення результатів.

Важливо також визначити рівень точності, необхідний для виконання конкретного завдання, і врахувати його при проектуванні та побудові геодезичної мережі. Наприклад, для кадастрового знімання земель необхідна точність не менше ніж 1 см на кожні 100 м.

Для вирішення завдань наукової геодезії необхідно створити астрономо-геодезичну мережу з найвищою точністю, що досягається при багаторазових вимірюваннях [14, с. 12].

Для поетапного картографування території країни в масштабах 1:100000 – 1:50000, 1:25000 – 1:10000, 1:5000 – 1:2000 державна геодезична мережа за точністю повинна забезпечувати топографічну зйомку найбільш крупного масштабу, тобто 1:2000 [14, с. 12].

Геодезичною основою для створення топографічної карти є точки Т на знімальній основі, координати якої визначаються відносно найближчих пунктів, наприклад М, N [14, с. 12].

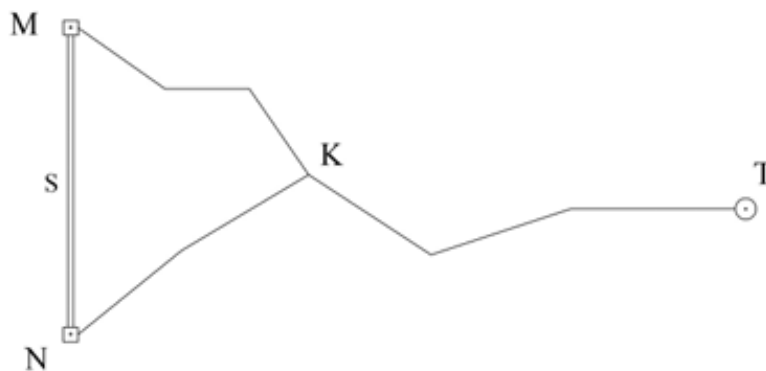


Рис. 3.1 Схема розташування пунктів геодезичної основи [14, с. 12].

Похибка m_T у визначенні координат точки Т і похибка m_N у нанесенні їх на топографічну карту не повинна перевищувати графічну точність карти, яка характеризується середньою квадратичною похибкою $m \leq 0,2$ мм. Отже,

$$m_T = m_N = (m\sqrt{2})M \quad 3.7$$

де, М - знаменник масштабу карти [14, с. 12]

Координати точки К, яка є опорною для знімального ходу КР, повинні бути визначаються з похибкою m_K не більшою ніж $m_T/2$, а координати пункту М, який є вихідним для шуканих координат точки К, з похибкою m_M не перевищує $m_K/2$, тобто

$$m_K \leq \frac{m_T}{2} \quad 3.8$$

$$m_M = \frac{m_K}{2} = \frac{m_T}{4} \quad 3.9$$

Вважаючи, що $m_M = m_N$ то для визначення середньої квадратичної похибки m_S довжини сторони $s = MN$ між суміжними пунктами державної геодезичної мережі, маємо:

$$m_S = m_M \sqrt{2} \leq \frac{m_T \sqrt{2}}{4} = \frac{m \times M}{4} \quad 3.10$$

За цією формулою при $m=0,2$ мм отримаємо:

Таблиця 3.2

Співвідношення середньої квадратичної похибки до масштабу

M	10000	5000	2000	1000
m_S , м	0,50	0,25	0,10	0,05

[14, с. 12-13]

3.4 Геодезичні знаки і центри

Геодезичні центри та геодезичні знаки це споруди, що використовуються для закріплення точок геодезичної мережі на місцевості.

Центри призначені для закріплення на місцевості геодезичних пунктів впродовж тривалого часу. Створення центрів є дуже важливим, оскільки у випадку коли центр буде зруйновано або перенесено, результати виконаних робіт можуть втратити цінність або певною мірою стати не потрібними [1, с. 110-111].

На рисунку 3.2 зображено центр пункта державної геодезичної мережі

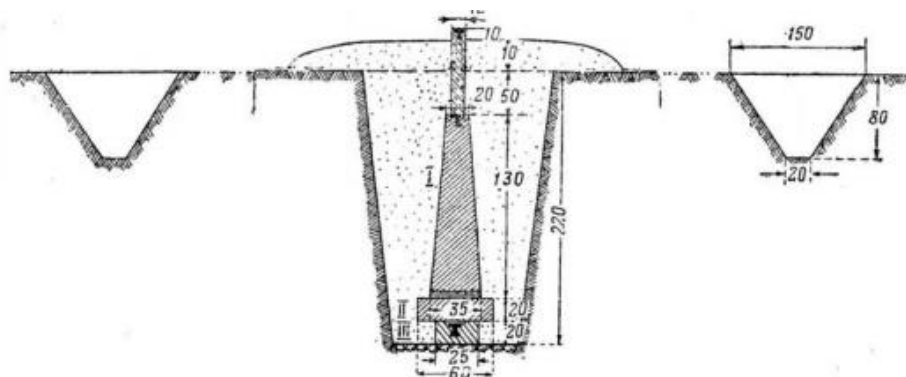


Рис.3.2 Центр пункта державної геодезичної мережі [1, с. 111]

Для забезпечення довговічності геодезичних пунктів, важливим є правильний вибір центру їх закладання. Центри не повинні бути розташовані поруч із водно-болотними угіддями, землями, що постраждали від зсувів або повеней, місцями забудови, садами, шахтами або будівельними роботами. Також важливо враховувати можливість промерзання ґрунту та видування центру в піщаних ґрунтах. Для забезпечення стійкості та контролю нерухомості на геодезичних пунктах, можна встановлювати кілька бетонних монолітів. Крім того, для легшого знаходження пункту над його центром, можна насипати курган висотою 0.1 м та рити канали в 1 м від сторін основи знаків [1, с. 111].

В районах з неглибоким промерзанням (до 1.5 м) на всіх класах геодезичних пунктів застосовують стандартні центри, що складаються з чотирьох бетонних монолітів [1, с. 111-112].

Нижній центр складається з бетонного моноліту розміром 25 x 25 x 20 см з чавунною маркою, вбудованою у верхню частину [1, с. 112].

Цей моноліт розміщується на забутовці з камінців на глибині 2,2 м від поверхні землі, а на нього вкладається бетонна плита [1, с. 112]. Верхній центр закріплюється на плиті з цементним розчином і складається з залізобетонного пілона перерізом 20 x 20 см з вмонтованою маркою [1, с. 112].

Для полегшення пошуку пункту на верхній центр встановлюється бетонний розпізнавальний стовп перерізом 12 x 12 см і висотою 70 см, верхня частина якого повинна на 10 см виступати над землею [1, с. 112].

Усі моноліти, що утворюють центр, встановлюються так, що осі марок знаходяться на одній висковій лінії [1, с. 112].

Центри, що закладаються в гірські породи, що виходять на поверхню землі, або центри, що розташовані на глибині не більше 0,6 м, закріплюються з марками у скелі за допомогою цементного розчину. Над центром встановлюється розпізнавальний стовп і курган [1, с. 112].

Якщо глибина породи перевищує 0,6 м, в залежності від глибини породи, в центрі повинно бути дві або три позначки замість однієї [1, с. 112].

У цьому випадку нижня марка закладається в скелю, а решта – в бетонні моноліти [1, с. 112].

У районах із сезонно промерзаючим ґрунтом центр реперної точки складається з бетонного моноліту у формі піраміди висотою 20см з поперечним перерізом нижнього майданчика 40x40 см і верхнього майданчика 15x15 см [1, с. 112].

Верхня частина моноліту утрамбовується і накривається кришкою. Глибина закладки центру ОРП повинна бути 70 см. Над центром встановлюється розпізнавальний дерев'яний стовп і насипається курган [1, с. 112].

Для забезпечення взаємної видимості в центрі геодезичного пункту встановлюють зовнішній знак- дерев'яну або металеву конструкцію [1, с. 113].

Геодезичний знак у верхній частині має візирний пристрій (зазвичай візирний циліндр), який виконує візування при вимірюванні кутів із сусідніх пунктів. Якщо кутовимірювальний прилад потрібно підняти вище або нижче центру точки, під візирною трубою встановлюють столик для кріплення приладу. Таким чином, візирний пристрій і столик для вимірювального приладу є основними складовими зовнішніх геодезичних знаків (сигналів, пірамід, турів) [1, с. 113].

Тури будуються на пунктах мережі з центрами скельного типу у гірських та гірських безлісних районів [1, с. 113].

Вони являють собою кам'яні, цегляні або бетонні стовпи висотою 1.2-1.5 м із вмонтованими в них марками [1, с. 113].

Оскільки тур слугує лише столиком для встановлення кутовимірювального оприладу під час спостережень, а не зоровою трубою, він не виконує повною мірою призначення. Тому можна спорудити піраміду з прицілом на ній або закріпити знімну візирну трубу безпосередньо на турі [1, с. 113].

Прості піраміди, як і інші знаки можна будувати на пунктах мережі будь-якого класу. Їх висота звичайно не перевищує 10 м [1, с. 114].

Зазвичай чотиригранні піраміди виготовляють з дерева або металу. Але іноді роблять і тригранні піраміди, але вони менш зручні [1, с. 114].

Трикутні піраміди економічні з точки зору витрати матеріалу, що дуже важливо в безлісних гірських районах, де важко транспортувати деревину [1, с. 114].

На відміну від простих пірамід, геодезичні сигнали функціонують не лише візирною ціллю, але і підставкою для приладу [1, с. 114].

Висота геодезичного знаку залежить від умов місцевості, таких як рельєф та залісненість території, і може досягати значень більше 40 метрів у рівнинних лісових районах. У заселених районах вона зазвичай складає 10-25 метрів. Якщо висота геодезичного знаку менше 10 метрів, то його внутрішню піраміду можна встановлювати на землі, і такі знаки називаються простими. Складні геодезичні знаки вище 10 метрів від землі потребують інструментальну піраміду, яка прикріплюється до головних стовпів. Для забезпечення стійкості та жорсткості, головні стовпи знаків висотою понад 30 метрів виготовляють з двох колод, а для висоти чотиригранного знаку понад 40 метрів і трьохгранного понад 16 метрів, крім основних встановлюють і проміжні стовпи. У лісовій місцевості геодезичні знаки виготовляються з круглого лісу хвойних порід, зрубаних неподалік місця побудови, тоді як у міських та промислових зонах використовують постійні металеві знаки [1, с. 114].

У безлісних гірських та пагорбкових районах зазвичай потрібно підняти кутовимірвальний прилад на висоту 2-4 метри над центром пункту. Для цього рекомендується використовувати піраміди-штативи, які складаються з зовнішньої піраміди з візирною ціллю та внутрішньої піраміди як основи для приладу. У степових районах дедалі популярнішими стають переносні металеві знаки, що виготовляються з труб або кутової сталі. Піраміди таких знаків можуть бути зроблені з металу або дерева і слугують як основа для приладу. Геодезичні знаки повинні бути жорсткими, стійкими та міцними, щоб витримувати вітряні умови і зберігатися тривалий час. Візирні цілі повинні мати симетричну форму відносно геометричної осі, а фази, залежні від сонячного світла, не повинні виникати при спостереженні з сусідніх точок. Якість будівельного матеріалу, правильність

побудови та міцність кріплення вузлів і стовпів у землі є важливими факторами для забезпечення жорсткості, стійкості та міцності геодезичних знаків [1, с. 115].

Оцінка точності геодезичної мережі є важливим етапом побудови надійних та точних геодезичних мереж для різних цільових призначень. Визначення точності побудови геодезичної мережі залежить від конкретних умов проведення робіт, рівня точності, необхідного для виконання завдання, та врахування факторів, що впливають на точність вимірів та результатів.

Отже, правильна оцінка точності геодезичної мережі дозволяє забезпечити надійність та точність геодезичних даних, що є ключовим фактором для успішної

3.5 Розрахунок висот знаків

Розрахунок висот знаків є однією з важливих задач у геодезії. Знаки висот є необхідним елементом для визначення висот точок на земній поверхні та для створення карт топографічного опису. Для розрахунку висот знаків необхідно мати певні знання та досвід у роботі з геодезичними інструментами та програмними засобами. Висота знаків повинна відповідати нормам та стандартам, щоб бути ефективною та безпечною.

Для забезпечення видимості між точками на краях геодезичної мережі висота знаків над рівнем землі розраховується. Для цього необхідна карта масштабу не менше 1:100 000. Абсолютні висоти поверхні землі визначаються на пунктах А і В, а також в точці С. За допомогою рекогностування визначається висота перешкоди h_c , а після цього обчислюється абсолютна висота візирного променя на вертикалі перешкоди за формулою

$$H = H_c + h_c + \Delta h \quad 3.11$$

де Δh - встановлена інструкціями по виконанню робіт висота візирного променя над перешкодою [11, с. 25]

Зв'язок між висотами $A_a=h_1$ та $B_b=h_2$, при яких відкривається видимість між точками а і b, виражається формулою:

$$h_2 = N - \frac{S_2}{S_1} \times h_1 \quad 3.12$$

де, $N = \frac{S_2}{S_1} (H - H_1 + V_1) + H - H_2 - V_2$ [11, с. 25]

Обумовлені кривизною землі і рефракцією величини V_1 і V_2 , виражені в метрах, можна обчислити за формулою:

$$V_{1,2} = 0,067 \times (S_{1,2})^2 \quad 3.13$$

При чому віддалі S_1 і S_2 повинні бути виражені в кілометрах [11, с. 25]

За формулою (3.6) можна розрахувати висоту знаку в одній з точок А або В, якщо є знак у другій. Якщо потрібно розрахувати висоту знака в обох точках, можна визначити мінімальну висоту знака в найвіддаленішій від перешкоди точці і розрахувати висоту другого знака [11, с. 25-26].

В практиці користуються, також, правилом, щоб висоти знаків були обернено пропорційні віддалям S_1 і S_2 , тобто:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{S_1}{S_2} = m \quad 3.14$$

При цій умові будемо мати:

$$h_1 = \frac{m}{1+m^2} \times N \quad 3.15$$

$$h_2 = \frac{m}{1+m^2} \times N \quad 3.16$$

В даному випадку сума висот знаків буде дещо більшою, ніж в першому розрахунку, але висота найбільшого знаку буде меншою [11, с. 26].

Зважаючи на дані та результати розрахунків висот знаків, можна зробити висновок про їх важливість та необхідність.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього середовища є однією з найважливіших проблем сучасного світу. Забруднення повітря, води та ґрунту, виснаження природних ресурсів та зміна клімату – це лише деякі з проблем, які стоять перед людством у зв'язку з погіршенням стану довкілля.

Щоб забезпечити сталий економічний і соціальний розвиток України, необхідно здійснювати охорону навколишнього природного середовища, раціонально використовувати природні ресурси та забезпечувати екологічну безпеку для людей. З метою досягнення цих цілей Україна впроваджує екологічну політику, спрямовану на збереження безпечного середовища для живих і неживих істот, захист здоров'я населення від негативного впливу забруднення навколишнього середовища, гармонійне співіснування суспільства та природи, раціональне використання та відтворення природних ресурсів.

Охорона навколишнього середовища передбачає вжиття заходів, щоб зменшити вплив людської діяльності на природне середовище та зберегти його для майбутніх поколінь. Для цього потрібно розвивати технології, які сприяють зменшенню викидів шкідливих речовин у повітря та зменшенню кількості відходів, які потрапляють на сміттєзвалища та водні джерела.

Охорона навколишнього середовища також передбачає вжиття заходів, які сприяють збереженню біорізноманіття та природних екосистем. Це може бути досягнуто за допомогою охорони природних територій, збереженням рідкісних видів рослин і тварин, а також промоцією екологічно чистих технологій та відновлюваних джерел енергії.

Згідно зі статтею 1 Закону України "Про охорону навколишнього природного середовища", метою законодавства про охорону навколишнього природного середовища є регулювання відносин у галузі охорони, використання та відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання та усунення негативного впливу господарської та іншої діяльності на

навколишнє природне середовище, охорона унікальних територій та природних об'єктів, пов'язаних з природними ресурсами, генетичними фондами тваринного світу, ландшафтами, іншими природними комплексами та історико-культурною спадщиною [4].

Стаття 22 закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» передбачає створення державної системи моніторингу довкілля в Україні з метою збору, обробки, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для ефективного управління [4].

Охорона навколишнього середовища є важливою проблемою для всіх нас, тому що наше майбутнє залежить від того, наскільки ми зможемо зберегти довкілля навколо нас. Постійні зусилля та співпраця національних урядів, громадських організацій та індивідуальних осіб можуть допомогти зберегти нашу планету для майбутніх поколінь.

РОЗДІЛ 5.

ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці охоплює різноманітні заходи та засоби, які мають на меті збереження здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності. Праця є не тільки джерелом суспільного розвитку, але й необхідною умовою існування кожної людини та суспільства в цілому. Суспільство має завдання створити умови праці, які б забезпечували високу продуктивність та не завдали шкоди здоров'ю працюючих та навколишньому середовищу. Головною метою охорони праці є забезпечення безпеки та здоров'я працівників, а також зменшення витрат підприємств на лікування травм та захворювань, пов'язаних з роботою.

Під час польових робіт експедиція повинна ознайомитись з робочим проектом безпечної організації робіт в польових умовах та провести попереднє обстеження робочої зони для виявлення особливостей ділянки. Крім того, потрібно розробити проект геодезичної схеми пересування та безпечного маршруту для команди.

У містах, населених пунктах та на території промислових об'єктів перед проведенням будь-яких топографо-геодезичних робіт необхідно встановити схеми розміщення та глибину залягання мереж інженерних комунікацій, включаючи кабелі електромережі, телефонів, трубопроводів газу, каналізації, води та ін. Це забезпечить надійне заглиблення центрів та реперних точок геодезичних ліній у землю. Крім того, слід визначити розташування високовольтних ліній електропередачі та розміри охоронної зони.

На основі наданих даних необхідно розробити проект виконання робіт, який надасть підряднику конкретні інструкції з організації та техніки безпеки при виконанні робіт на об'єкті.

Під час виконання робіт в населених пунктах необхідно дотримуватись правил дорожнього руху та встановлювати відгороджувальний знак під час роботи з обладнанням на проїзджій частині дороги. Крім того, проекти виконання

робіт в населених пунктах повинні бути захищені та затверджені відповідно до встановленого порядку.

Для забезпечення безпеки при камеральних роботах необхідно враховувати характер та особливості кожного підприємства. При роботі в темних приміщеннях та за комп'ютером необхідно створювати умови для нормальної адаптації зору та дотримуватись правил безпеки, включаючи регулярні перерви. Заборонено використовувати несправне обладнання та інструменти під час камеральних робіт, а результати вимірювань слід попередньо обробляти на комп'ютері.

При роботі з комп'ютером слід дотримуватись правил безпеки зазначених в інструкції. Регламентовані перерви від 20-60 хвилин.

Законодавство про охорону праці містить норми, що регулюють організацію та здійснення заходів з охорони праці. Вони стосуються вимог до роботодавців, щодо забезпечення безпеки та здоров'я на робочому місці, організації навчання та підвищення кваліфікації працівників з питань безпеки, проведення обов'язкових оглядів працівників, а також встановлення порядку розслідування та обліку нещасних випадків на роботі.

Проведення заходів з охорони праці є обов'язковим для будь-якої організації, незалежно від розміру та виду діяльності. Забезпечення безпеки та здоров'я на робочому місці є не тільки обов'язком роботодавців, але й головною відповідальністю кожного працівника.

Отже, охорона праці - це не тільки правовий обов'язок, але й забезпечення стабільної та безпечної діяльності організації, а також збереження здоров'я та життя працівників. Завдяки виконанню вимог охорони праці можна досягти ефективної роботи організації та підвищення її конкурентоспроможності, а також знизити ризик травм та захворювань серед працівників.

ВИСНОВОК

В процесі проєктування геодезичної мережі для кадастрового знімання земель було вирішено низку завдань, пов'язаних з визначенням координат, висот та відстаней між пунктами мережі. Було проведено топографічне обстеження території, встановлено контрольні пункти, побудовано геодезичну мережу та здійснено перевірку її точності.

Результатом проєктування стала створена геодезична мережа, яка може використовуватись для кадастрового знімання земель. Застосування такої мережі дозволяє забезпечити точність та надійність вимірювань при здійсненні кадастрових робіт. Окрім того, така мережа може бути використана для інших цілей, пов'язаних з геодезією та картографією.

Проєктування геодезичної мережі є важливим етапом кадастрових робіт та забезпечує надійність та точність результатів знімання земель. Важливо дотримуватись вимог нормативних документів та використовувати сучасні методи та технології для забезпечення якості проєктування геодезичної мережі.

Геодезичні мережі України поділяються на: державні мережі, мережі згущення, знімальні мережі та спеціальні мережі.

Геодезичні мережі закріплюються геодезичними знакама і центрами.

Щільність геодезичних мереж залежить від масштабу та особливостей місцевості.

Ці мережі створюються супутниковими методами, методом полігонометрії, трилатирації та триангуляції.

Найпоширенішим є супутниковий метод створення GNNS-мережі.

Для цілей геодезичних та кадастрових знімань дозволяється лише використання сертифікованих GNNS-мереж.

Для геодезичних робіт при землеусрої ці мережі відіграють важливу роль, адже саме до них прив'язується розташування об'єкта на місцевості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Геодезія: навч. посібник / С.М. Білокриницький. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2011. – 576 с.
2. Закон України «Про Державний земельний кадастр» від 07.07.2011 року № 3613-VI (Редакція від 19.11.2022, підстава - 2698-IX)
3. Закон України «Про землеустрій» від 22.05.2003 року №858-IV (Редакція від 19.11.2022, підстава - 2698-IX)
4. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 року № 1264-XII (Редакція від 10.07.2022, підстава - 2321-IX)
5. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 23.12.1998 року № 353-XIV (Редакція від 24.10.2022, підстава - 2486-IX)
6. Закон України Про внесення змін до Закону України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність" від 11 лютого 2010 року. № 1872-VI (Редакція від 11 листопада 2010 року)
7. Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» від 13 квітня 2020 року №554-IX (Редакція від 1 березня 2023 року, підстава - 2807-IX)
8. Земельний кодекс України від 25.10.2001 року № 2768-III (Редакція від 19.11.2022, підстава - 2698-IX)
9. Інженерна геодезія: навч. посіб. /А.В. Зуска; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т – Дніпро: НГУ, 2016. – 209 с.
10. Конституція України від 28.06.1996 року № 254к/96-ВР (Редакція від 1 січня 2020 року, підстава - 27-IX)
11. Літнарівич Р.М. Геодезія. Планові державні геодезичні мережі. Конспект лекцій. Чернігів, ЧДІЕіУ, 2002.- 71 с.

12. Наказ «Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98)» від 9 квітня 1998 року №z0393-98(Редакція від 28 вересня 1999 року, підстава - z0653-99)

13. Наказ «Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референтної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою» від 2 грудня 2016 року №z1646-16(Редакція від 2 грудня 2016 року)

14. Шаульський Д. В. Конспект лекцій з дисципліни «Геодезія» (для студентів 3 курсу заочної форми навчання, напряму підготовки 6.080101 Геодезія, картографія та землеустрій) / Д. В. Шаульський; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 35 с.