

ЛЕКЦІЯ №1

Тема: ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОДЕЗІЇ В БУДІВНИЦТВІ

План

1. Інженерна геодезія, її зміст і задачі.
2. Короткі історичні відомості про розвиток і становлення геодезії як науки.
3. Структура інженерної геодезії для будівництва.
4. Інженерно-геодезичне забезпечення будівництва.
5. Проектна документація розбивних робіт.

Література:

ОСНОВНА

1. Інженерная геодезия. Под ред. Михелева Д.Ш. М.: АСADEMIА , 2004 - 478с.
2. Кузьмін В.В, Інженерна геодезія у дорожньому будівництві. Навч. посіб./ Кузьмін В.В, Білятинський О.А - К.: Вища школа, 2006. – 278с.
3. Шилов П.И., . Інженерная геодезия. Ученик для вузов, 2-е изд.. перераб. и доп.. /Фёдоров П.И., Шилов П.И. М.: Недра, 1982, - 357с.
4. Федотов Г.А. Інженерная геодезия. /Е.Б. Ключин, М.И. Киселёв, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман. Под ред. Д.Ш. Михелева. – 3-е изд. испр. М.: Высш.шк., 2002. - 464с.; ил.
5. Федоров В.И. Практикум по инженерной геодезии и аэрогеодезии: Учеб. пособие для вузов / Фёдоров В.И., Титов А.И., Холдобаев Б.С. - М.: Недра , 1987.- 365с.; ил.

Допоміжня

1. Рудий Р.М. Прикладна фотограмметрія –К.: УМК ВО, 1991.-172с.

ВСТУП

Інженерно-геодезичні роботи є невід'ємною частиною комплексу робіт, пов'язаних з вишукуваннями, проектуванням, будівництвом, реконструкцією, експлуатацією автомобільних доріг і аеродромів, а також різних споруджень на них.

У сучасних умовах відбуваються важливі зміни в технології й методах проектно-дослідницьких робіт і будівництві інженерних об'єктів, які знаходять відображення в зміні складу й методів інженерно-геодезичних робіт. При цьому змінюється інженерне встаткування, що використовується в дорожнім будівництві.

Останнім часом в умовах тотальної комп'ютеризації при виконанні геодезичних робіт широко застосовуються електронні тахеометри, у проектно-дослідницьких і будівельних процесах - системи автоматизованого проектування (САПР), автоматизовані системи керування будівництвом (АСУБ), географічні інформаційні системи й т.п..

Інженер повинен уміти працювати із традиційними видами інженерно-геодезичної інформації - топографічними картами й планами, а також з їхніми електронними аналогами - електронними картами (ЕК), які є основою географічних інформаційних систем, цифровими (ЦММ) і математичними моделями місцевості (МММ), на основі яких здійснюється системне автоматизоване проектування інженерних об'єктів на рівні САПР.

Отже, інженер-будівельник доріг на сучасному етапі повинен добре володіти як традиційними, так і новими високопродуктивними методами інженерно-геодезичних робіт.

Ці види інженерно-геодезичних робіт дають можливість максимально скоротити об'єми й вартість польових робіт завдяки збільшенню об'ємів камеральних робіт при широкому використанні засобів автоматизації й обчислювальної техніки.

Інженерно-геодезичні роботи істотно впливають на якість автомобільних доріг, оскільки точність реалізації проектних рішень значною мірою визначає їхні

транспортно-експлуатаційні характеристики. Крім того, виконання інженерно-геодезичних вимірів при реконструкції й будівництві а. буд. має певні особливості, які необхідно враховувати при виконанні.

Сучасне будівництво неможливо без широкого використання геодезичних методів розбивки інженерних споруджень на місцевості, які забезпечують високу точність і виключають грубі погрішності; методів оперативного контролю будівельних робіт і геодезичного керування роботою будівельних машин і механізмів. Із цією метою при будівництві інженерних об'єктів широко застосовують лазерну техніку.

Тому, вивчення курсу стає необхідним для майбутніх фахівців. Для розширення своїх знань із курсу «Інженерна геодезія (загальний курс)» необхідно розглянути цілий ряд питань, які додадуться при роботі зі спеціальності.

1.ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ, ЇЇ ЗМІСТ І ЗАДАЧІ.

Інженерна геодезія - наукова дисципліна, що вивчає й розробляє теорію, методи й прилади для проведення вимірів на поверхні землі з метою проведення вишукувань, проектування й будівництва інженерних споруджень (доріг), аеродромів, мостів, тунелів, трубопроводів і т.п.

Інженерну геодезію використовують під час рішення багатьох важливих задач народного господарства, науки, промисловості. Будівництво будь-якого об'єкта починає з разбивочних робіт на місцевості й виконується під постійним контролем інженерно-геодезичної служби. До початку будівництва геодезисти здійснюють зйомку ділянки місцевості, щоб мати топографічні плани, профілі, систему опорних крапок і інші вихідні дані для проектування.

У процесі будівництва об'єктів інженерам-геодезистам і будівельникам доводиться вирішувати ряд задач, щоб забезпечити реалізацію проекту на місцевості з потрібною точністю.

Наприклад:

1) в 1986р. побудований транспортний тунель Сейкан під протокою Цугару на півночі Японії між островами Хонсю й Хоккайдо. Загальна довжина тунелю - 53,8км, з них під протокою - 23,3км. Для здійснення проекту фахівці виконали комплекс високоточних інженерно-геодезичних робіт, які забезпечили прокладку тунелю по обидва боки під дном протоки;

2) Симплонський тунель в Альпах між Швейцарією й Італією довжиною 20км. Його також прокладали по обидва боки. Геодезисти повинні були визначити координати початкової й кінцевої крапок тунелю у Швейцарії й Італії в єдиній системі координат з високою точністю;

3) на Байкало-Амурській магістралі в Росії побудовано кілька тунелів, кожний з яких рівняється Симплонському;

4) в 1994р. побудовано три 50-км паралельних тунелі: два - для руху поїздів, один - для технічних цілей під протокою Ла-Манш між Францією й Великобританією.

Глибина проходження тунелів - 100м нижче рівня моря й 40м нижче дна протоки. Залізничні тунелі під протокою Ла-Манш - це видатне інженерне спорудження 20-ого сторіччя.

5) в 1981р. у Вірменії побудовано найбільш довгий у світі гідравлічний тунель «ріка Арна - озеро Севан» довжиною 48км, з більшим перепадом висот. Це також приклад складного інженерного спорудження, що будували 18років під систематичним геодезичним контролем.

6) в 1986р. побудували найбільш довгий у Європі 24-км Орхотський транспортний тунель на Кавказькій перевальній автомобільній дорозі.

Сучасні а. буд. є досить складними інженерними спорудженнями. Щоб побудувати дорогу, потрібно виконати комплекс інженерно-геодезичних робіт, починаючи з вишукувань і розбивки траси дороги й закінчуючи піднесенням інженерних споруджень, пов'язаних з її експлуатацією (мостів, шляхопроводів, автовокзалів, кемпінгів, тунелів і т.п.). У процесі будівництва дороги здійснюється постійний геодезичний контроль всіх операцій дорожньо-будівельних робіт.

Особливо велике значення мають геодезичні роботи, які забезпечують у натурі проектні розміри головних геометричних параметрів дороги в плані, поздовжньому й поперечному профілях, оскільки геометрія дороги визначає її транспортно - експлуатаційні характеристики.

Високоточні інженерно-геодезичні роботи виконуються під час будівництва висотних будинків, телевеж, метрополітенів, спостереження за деформаціями інженерних споруджень під дією різних зовнішніх і внутрішніх сил і факторів, при рішенні інших будівельних, виробничих і дослідницьких задач.

2.КОРОТКІ ІСТОРИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО РОЗВИТОК І СТАНОВЛЕННЯ ГЕОДЕЗІЇ ЯК НАУКИ.

Геодезія як наука початку формуватися в стародавності, що підтверджується археологічними розкопками й пам'ятками будівництва й архітектури, які дійшли до нас.

У Вавилоні понад 5тис. років тому вмiли робити на місцевості розбивку границь земельних ділянок і становити плани.

У Древньому Єгипті здійснювали землемірні роботи під час відновлення границь землеволодінь, порушених розливами ріки Нил. Такі ж роботи проводилися в Древній Греції, Вірменії, Грузії.

Уперше вимір у вертикальній площині й нівелювання почали застосовувати в Єгипті й Месопотамії під час зрошення земель і будівництва каналів, які мали потребу в дотриманні ухилів. За допомогою схилу й рівня води визначали горизонтальний і вертикальний напрямки. Прикладом застосування нівелювання є канал, що з'єднує ріку Нил із Червоним морем, побудований бтис. років до н.е. Нівелювання застосовувалося також у Древньому Китаї, де в 9-10ст. до н.е. використовували рейку з рухливими цілинами.

П'ять тисяч років тому в Єгипті були побудовані піраміди. Піраміда Хофу з основою $227,5 \times 227,5 \text{ км}^2$ і висотою 137,2м і нині залишається неперевершеним утвором людських рук. Під час будівництва використовувалися геодезичні методи.

У Греції геодезичні методи застосовували пізніше, ніж у Єгипті. Храми, цирки, інші спорудження, які дійшли до нас, свідчать про високий у той час рівні геодезичних і будівельних робіт. В 1320р. до н.е. була складена перша з відомих нам карт єгипетського золотого рудника (Туринський папірус).

У середині 16ст. з'явився гідростатичний нівелір із самоустановлювальною лінією візування.

В 1609р. Галілей винайшов першу підзорну трубу, що сприяла швидкому прогресу в геодезичному приладобудуванні й геодезії взагалі. Нідерландський астроном і математик Снеллиус в 1614р. запропонував метод визначення положення крапок на поверхні Землі, що одержав назву «тріангуляція».

В Україні в 13ст. були зроблені перші описи Лівобережжя. На основі перепису населених пунктів, опису доріг, рік і лісів робилися креслення - зародки топографічних карт. Приблизно в 1570р. у Росії було створено «Велике креслення» - карту всієї країни. У пояснювальному тексті до цієї праці приводилися відстані між містами Росії, зокрема для Лівобережжя й Придніпров'я України.

На початку 20ст. у державному архіві в Стокгольмі знайшли карту «Креслення Українським і Черкаським містам від Москви до Криму». Уважалося, що це доповнення до «Великого креслення».

В 1630-1648р. в Україні проводив більші геодезичні роботи французький інженер Г.Боплан. Він зробив точні на той час карти Київщини.

В 1720р. у Київській губернії працювали геодезисти. Ціль роботи: зйомка й опис території. Вони застосовували квадрант і астролябію, відстані вимірювали мотузками. Результатом роботи була карта губернії й повітів.

З 1766р. до 80-х років 19ст. більші геодезичні роботи в Україні виконувалися під час генерального межування. Результатом роботи геодезистів були топографічні, морські, економічні, геологічні карти. Виконувалися геодезичні

роботи, пов'язані з побудовою шосейних і ґрунтових доріг. Підвищувалася точність геодезичних робіт,

Останнім часом в Україні у зв'язку з реконструкцією а. буд., залізниць, з розширенням мережі трубопроводів і т.п. виконується значний об'єм геодезичних робіт.

Наприклад: геодезичні роботи під час вишукувань і реконструкції автомагістралі Київ - Одеса. Застосування електронних тахеометрів і САПР дало можливість повністю автоматизувати весь комплекс дослідницьких і проектних робіт.

Автомагістраль Київ - Одеса є інженерним спорудженням, до складу якого входять транспортні розв'язки, шляхопроводи й т.п.

Дослідницькі й проектні роботи, зв'язані з будівництвом і реконструкцією а. буд., виконують проектний інститут ДП «Укргіпродор» і АТЗТ «Києвсоюздорпроект». У Донецькій області - «Донгіпродор» (Донецьк).

Всі основні геодезичні, топографічні й картографічні роботи в Україні виконуються під загальним керівництвом Державної служби геодезії, картографії й кадастру (Укргеодезкартографія).

Топографо-геодезичні й картографічні роботи, починаючи з 1 січня 2007р., виконуються відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України із застосуванням Державної геодезичної референтної системи координат УСК-2000.

3. СТРУКТУРА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОДЕЗІЇ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА

В інженерній геодезії (ИГ) використовуються методи наступних розділів геодезії: топографії, вищої й космічної геодезії.

ИГ пов'язана з етапами створення інженерного спорудження, тому розглядається наступна схема створення споруджень і виконуваних при цьому робіт:

1) інженерні вишукування – створення знімального обґрунтування, розвиток геодезичних мереж, геодезичне забезпечення геології, гідрології, метеорології й ін. видів вишукувань;

- великомасштабні топографічні зйомки;
- трасування лінійних споруджень;

2) інженерно-геодезичне проектування – розробка проекту виробництва геодезичних робіт;

- геодезична підготовка проекту для виносу об'єкта на місцевість;

3) рішення задач вертикального планування;

4) геодезичні розбивні роботи:

- створення розбивних мереж;
- основні розбивні роботи;
- детальна розбивка споруджень по етапах будівництва;

5) вибір конструкцій і технологічного встаткування:

- розбивка осей установки встаткування;
- забезпечення монтажу;

6) виконавча зйомка для опису реального просторового положення побудованих об'єктів з метою оцінки якості й усунення виявлених невідповідностей;

7) спостереження за деформаціями будинків і споруджень у процесі експлуатації.

Геодезичні роботи – це технологічний процес. На всіх етапах будівництва вони мають кінцевий продукт і відповідно показник якості.

Кінцевим продуктом геодезичних робіт на різних етапах є:

1) при вишукуваннях:

- для нового будівництва – топографічні плани місцевості, моделі місцевості (ЦММ – ЦМСМ, ЦМРМ, стереомодели, електронні моделі);
- для реконструкції - геометрична модель існуючої дороги в плані й профілі, робочі креслення, стереомодели. Моделі місцевості як для нового будівництва.

2) при будівництві:

- а) до початку будівництва - статична осьова 2 Д-Д- 3Д модель об'єкта на місцевості в натуральну величину у вигляді головних, основних і допоміжних осей на вихідному обрії;

б) у процесі будівництва – динамічна контурно-осьова просторова модель об'єкта на місцевості у вигляді планових осей на послідовно різних рівнях і контурах возводимого об'єкта;

в) при завершенні будівництва - виконавча модель об'єкта у вигляді виконавчих робочих креслень, на яких поруч із проектними значеннями наносяться їхні фактичні значення або їхні відхилення від проектних;

г) у процесі експлуатації – динамічна експлуатаційна модель діючого спорудження, що описує просторове положення об'єкта в часі й просторі у вигляді паперової, цифрової й іншої моделей розвитку деформації спорудження.

Якість продукції геодезичних робіт характеризується величиною відхилення (різницею) фактичних значень оцінюючих параметрів і їх проектним (щирим) значенням. Величини відхилення, як правило, малі. Їх порівнюють із припустимими величинами по відповідних нормативах.

Рівень якості - відносна характеристика, заснована на порівнянні сукупності показників якості реальною продукцією з базовими показниками.

При оцінці якості геодезичних робіт використовується поняття погрешностей (помилки) вимірів і побудов.

4.ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА

Інженерно-геодезичне забезпечення будівництва може виконуватися по двох схемах:

- 1) без розробки проекту виробництва геодезичних робіт (ППГР);
- 2) з розробкою ППГР.

Без розробки ППГР геодезичні роботи звичайно виконуються для лінійного будівництва й житлового будівництва.

У лінійному будівництві правила виконання геодезичних робіт описуються в програмі й технічному завданні. Основою є інструкція з інженерних вишукувань у будівництві.

ППГР розробляється для об'єктів промислового, цивільного й житлового будівництва (висотністю вище 10 поверхів).

4.1 Інженерно-геодезичне проектування

Інженерно-геодезичне проектування (ИГП) – це комплекс робіт, проведений для одержання необхідних даних для проектування спорудження й для розміщення спорудження в плані й по висоті.

ИГП включає:

- 1) розміщення проекту будівництва по площі й висоті;
- 2) орієнтування основних осей спорудження;
- 3) проектування рельєфу;
- 4) обчислення об'ємів грабарств;
- 5) виконання розрахунків, пов'язаних зі складанням проектів лінійних споруджень, включаючи розрахунок кривих і проектного профілю траси;
- 6) розрахунки необхідні для перенесення проекту в натуру (аналітична підготовка проекту);
- 7) складання розбивних креслень і схем, розроблених на основі робочих креслень будівельного виробництва.

Проект являє собою комплекс документів:

- техніко-економічне обґрунтування;
- розрахунки;
- креслення;
- пояснювальна записка.

Топографічною основою проекту є плани М 1:5000 - 1:500, виконані за результатами вишукувань.

У задачу геодезичної підготовки проекту входить ув'язування між собою окремо розташованих на будівельному майданчику споруджень і забезпечення їхньої розбивки на місцевості із заданою точністю.

4.2 Склад ППГР

Склад ППГР у загальному випадку включає наступні розділи:

- організація геодезичних робіт на конкретному будівельному майданчику (питання узгодження провадження робіт, схеми, календарні плани);
- основні геодезичні роботи (схеми побудови планової й висотної основи, розрахунки й схеми необхідної точності вимірів, схеми й способи побудови розбивної мережі, типи знаків, способи закріплення носіїв координат і висот, способи розбивки головних і основних осей);
- геодезичне забезпечення переносу головних і допоміжних осей від вихідної планово-висотної основи з розрахунком точності розбивних робіт, опис методики виконання робіт, схеми розміщення знаків і методики детальних геодезичних робіт.

5. ПРОЕКТНА ДОКУМЕНТАЦІЯ РАЗБИВОЧНЫХ РОБІТ.

Геодезичні роботи при будівництві споруджень визначають форму, розміри й положення на місцевості проектованого спорудження або окремих його частин і називаються розбивними. Процес їхнього виробництва називається розбивничим.

Розбивні роботи є невід'ємною частиною технологічного процесу будівництва й монтажу споруджень. Вони складаються із процесів

- 1) перенесення проекту спорудження в натуру;
- 2) детальної розбивки спорудження;
- 3) геодезичного керування роботою будівельних механізмів;
- 4) геодезичного контролю виробництва будівельних робіт;
- 5) виконавчих зйомок, закінчених будівництвом споруджень або їхніх частин. Вони виробляються на основі геодезичної опорної мережі.

Кожний проект споруджень містить документи, у яких з усіма необхідними подробицями для будівництва характеризується

- топографія місцевості;

- форма й розміри споруджень;
- відстояння спорудження від окремих об'єктів місцевості;
- взаєморозташування окремих елементів проектного спорудження;
- деталі й характеристики, які визначають техніко-економічні показники будівництва;
- основне встаткування;
- проект організації будівельного виробництва;
- склад і технологічні схеми організації комплексно-комплексно-механізованих будівельних робіт.

Для геодезичних робіт з перенесення проекту в натуру використовуються наступні основні групи проектних документів:

1) генеральні плани й топографічні плани М 1:5000 – 1:500, у яких представлено планово-висотне положення возводимих споруджень із детальною вказівкою їхніх розмірів, форми й взаєморозташування.

2) поздовжні й поперечні профілі основних перетинів спорудження, які характеризують взаєморозташування окремих деталей і крапок запроектованого спорудження й місцевості;

3) плани вертикального планування території в запроектованих інженерних споруджень;

4) відомості й схеми геодезичної опорної мережі будівництва;

5) робочі креслення й графіки, які характеризують розміри деталей і розміщення окремих частин спорудження.

Перед виробництвом геодезичних робіт з перенесення проекту інженерного спорудження в натуру необхідно зробити відповідну підготовку проектних даних.

Ця підготовка складається з

- 1) виписки окремих проектних величин;
- 2) визначення обчисленнями або безпосередніми вимірами на кресленні відсутніх відомостей і розмірів;
- 3) складання розбивних креслень і журналів у зручній формі для виконання майбутніх робіт.

Підготовчі камеральні роботи завжди починаються з вибору методу виробництва геодезичних робіт відповідно до даних проекту й прийнятою системою координат, складання розбивних креслень.

Розбивні креслення становлять на кожний окремий вид робіт перед виходом у поле. Він повинен охоплювати всі відомості, пов'язані з розбивкою спорудження на певній ділянці.

Складання розбивного креслення починають із нанесення на нього крапок опорної мережі будівництва й виписки необхідних даних із проекту. Якщо виписаних даних недостатньо для розбивки, то оглядають креслення й додають нові дані вимірами й обчисленнями.

Після закінчення складання розбивного креслення виконують контроль його змісту шляхом зіставлення даних креслення й даними проекту.

ЛЕКЦІЯ №2
ТЕМА: ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ ОПОРНІ МЕРЕЖІ В
БУДІВНИЦТВІ

План

1. Головні принципи організації геодезичних робіт.
2. Види геодезичних опорних мереж і методи їхнього створення.
3. Державні планові й висотні геодезичні мережі.
4. Позначення пунктів ГГС на місцевості
5. Каталоги координат і висот пунктів державних геодезичних мереж (ГГС).

Література:

- (1) - с.265 - с.272
- (2) - с.151 - с.16

1. ГОЛОВНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

В основі організації й виконанні геодезичних робіт лежать два принципи:

- 1) «від загального до частки», або «від головного до другорядного»;
- 2) всі роботи (польові і камеральні) обов'язково повинні контролюватися: «ні кроку без контролю».

Перший принцип полягає в тому, що будь-який вид геодезичних робіт повинен опиратися на достатню кількість раціонально розміщених і надійно (точно) певних опорних крапок. Ці крапки представляють основу або опорну мережу

розв'язуваної задачі. Від них визначають положення всіх інших крапок, які характеризують положення елементів або частин інженерного спорудження, деталей і елементів ситуації або рельєфу місцевості.

Такий принцип організації й виконання геодезичних робіт дає можливість, з одного боку, уникнути швидкого нагромадження погрішностей вимірів, з іншого боку - постійно контролювати правильність і точність польових робіт. Крапки опорної мережі, які мають високу точність визначення свого положення, є основою, на яку нанизуються другорядні крапки деталей.

По іншому принципі організації геодезичних робіт відбувається швидке нагромадження погрішностей вимірів, і немає можливості контролювати роботи, оскільки вони не опираються на «головні» крапки.

Наприклад: при визначенні кожної наступної крапки від попередньої у формі безперервного й довгого ланцюга не дуже точних вимірів.

За головну опорну мережу під час виконання геодезичних робіт (топографічної зйомки, розбивних і будівельних робіт при спорудженні доріг, мостів, тунелів, аеродромів і т.п.) використовують крапки державної або місцевої геодезичної мережі. Вони мають найвищу точність і визначаються методами триангуляції, трилатерації й полігонометрії.

Другий принцип організації й виконання геодезичних робіт має потребу в постійному й систематичному контролі. Відповідно до цього принципу всі польові виміри (кутові, лінійні, висотні й т.п.) виконують кілька разів для контролю й підвищення точності. Так само всі розрахунки й інші камеральні роботи супроводжуються контрольними обчисленнями, порівнянням результатів з допусками й нормами точності.

Потрібно пам'ятати, що помилки в польовій або камеральній геодезичній роботі можуть привести до серйозних наслідків, зокрема, до додаткових матеріальних витрат, аварійним ситуаціям і т.п.

2 ВИДИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ОПОРНИХ МЕРЕЖ І МЕТОДИ ЇХ СТВОРЕННЯ

Геодезична мережа – система закріплених на земній поверхні крапок – геодезичних пунктів, положення яких визначене в загальній системі координат з необхідною точністю. Всі знаки надійно й міцно закріплені спеціальними знаками (розглянемо далі) і спорудженнями, які забезпечують їхню схоронність і нерухомість.

При створенні геодезичних мереж на місцевості роблять комплекс геод. робіт: вимір горизонтальних і вертикальних кутів, вимір довжин ліній, визначення перевищень і висот крапок, закріплення пунктів мережі. При цьому всі геодезичні роботи роблять із обов'язковим контролем для виключення грубих помилок і для оцінки точності вироблених вимірів. Результати геодезичних вимірів піддаються математичній обробці з визначенням планового й висотного положення (з визначенням координат) всіх пунктів ГС.

Якщо пункти даної геодезичної мережі несуть тільки планові координати «Х» і «В», то таку мережу називають **плановою**.

Якщо пункти даної геодезичної мережі несуть тільки висоти «Н», то таку мережу називають **висотною**.

Якщо пункти даної геодезичної мережі мають всі три координати «Х, В, Н», то таку мережу називають **планово-висотною**.

По своєму призначенню й точності ГС розділяють на

- державні;
- мережі згущення;
- знімальні мережі.

Точну ГС, що має координати, розповсюджені на всю територію країни і є основою для побудови інших мереж, називають **державною геодезичною мережею (ГГС)**.

Мережа, отриману в результаті розвитку між пунктами ГГС і єднальні їх зі знімальними мережами, називають **геодезичною мережею згущення**.

ГС, створювана для безпосереднього виробництва топографічних зйомок, для геодезичного забезпечення інженерних робіт і рішення наукових і практичних задач, називають **знімальною геодезичною мережею**.

При дорожнім будівництві створюють:

- 1) планові геодезичні мережі;
- 2) висотні;
- 3) планово-висотні.

Методи створення геодезичних опорних мереж.

Для визначення планового положення крапок у системі прямокутних або географічних координат використовують **методи тріангуляції, полігонометрії й трилатерации.**

Висотна мережа реперів створюється методом геометричного нівелювання.

Залежно від черговості побудови, точності вимірів кутів і відстаней, довжин обмірюваних ліній планова державна геодезична мережа ділиться на **чотири класи.**

Тріангуляція (від латинського – трикутник). На території країни прокладаються ряди суміжних трикутників (рис. 2.1), вершини яких, закріплені на місцевості, служать крапками геодезичної мережі (вершини трикутників є пунктами тріангуляції). Ряди тріангуляції прокладаються уздовж меридіанів і паралелей.

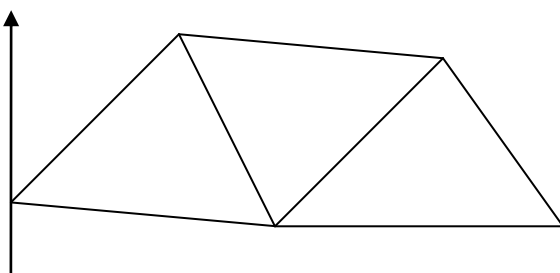


Рисунок 2.1 - Сутність методу тріангуляції

Визначають довжину однієї зі сторін трикутника (АВД) – **базис(АВ)** або вихідну сторону й всі кути першого трикутника, а за теоремою синусів визначають довжини всіх сторін:

$$AD = \frac{AB}{\sin C} \cdot \sin B \quad \text{і} \quad BD = \frac{AB}{\sin D} \cdot \sin A \quad (2.1)$$

Сторону ВД використовують для обчислення сторін ВР і ДС у трикутнику ВСД:

$$BC = \frac{BD}{\sin C} \cdot \sin D \quad \text{і} \quad DC = \frac{BD}{\sin C} \cdot \sin B \quad (2.2)$$

Знаючи координати вихідної точки в трикутнику й напрямок вихідної сторони, визначають координати інших вершин цього трикутника, використовуючи пряму геодезичну задачу. Відома сторона цього трикутника стає базисом наступного трикутника й т.д. Щоб визначити по відомих формулах довжину базисної сторони, будують базисну сітку (чотирикутник), у якому вимірюють базис і всі кути при вершинах побудови. На кінцях базисних сторін розташовують так звані пункти Лапласа, у яких за астрономічними спостереженнями одержують широту й довготу пункту, і азимут орієнтованого напрямку (базисної сторони).

З астрономічних спостережень визначають не тільки координати пункту *A*, але й азимут сторону *AB* у трикутнику *AB*.

Наприкінці ряду трикутників вимірюють сторону *PQ* і порівнюють неї з обчисленим значенням. На основі порівняння обмірюваної й обчисленої величини одержують оцінку точності результатів, обчислюють і вводять виправлення у виміри й обчислюють зрівняні значення координат.

У триангуляції I-го класу для вихідних пунктів визначають широту й довготу першої крапки найбільш точним - астрономічним - способом. Метод запропонований нідерландським ученим Снеллиусом в 1614-17 р. Мережа триангуляції I-го класу згущають мережею II-го класу, усередині її прокладають мережі III-го й IV-го класів, від крапок яких проводять безпосереднє зняття на місцевості.

Триангуляційна сітка I-го класу має вигляд системи полігонів периметром 800-1000км. Полігони складаються з ланок-ланцюгів трикутників довжиною до 200км уздовж меридіанів і паралелей. Форма трикутників повинна бути близької до рівностороннього з довжиною сторонам не менше 20км.

Трикутники II-го класу заповнюють суцільною сіткою полігони I-го класу. Довжини сторін трикутників II-го класу 7-20км. Державні геодезичні мережі III-го й IV-го класу розташовують усередині трикутників II-го класу.

Оскільки довжини сторін трикутників значні (10-20км), той безпосередній їхній вимір важко. Для визначення сторін AB і PQ на початку й кінці ряду будують базисні мережі, складені з ромбів або трикутників abA та abB . У базисній мережі безпосередньо вимірюють короткий базис ab і внутрішні кути трикутника. Сторону AB трикутника AB обчислюють по теоремі синусів, використовуючи довжину базису ab .

Трилатерация (у перекладі з латинського – тристоронній). Її схема подібна до схеми триангуляції (мал.2.2), однак, на відміну від триангуляції, тут світлодалномерами з високою точністю (1:400 000) вимірюють всі три сторони в побудованих трикутниках, кути одержують обчисленнями по формулах тригонометрії:

$$\begin{aligned} \sin \frac{A}{2} &= \sqrt{\frac{(P-b)(P-c)}{bc}}, \\ \sin \frac{B}{2} &= \sqrt{\frac{(P-a)(P-c)}{ac}}, \\ \sin \frac{C}{2} &= \sqrt{\frac{(P-a)(P-b)}{ab}}, \end{aligned} \quad (2.3)$$

де a, b, c – сторони трикутника;

A, B, C – протилежні кути;

$P = \frac{a+b+c}{2}$ - напівпериметр трикутника.

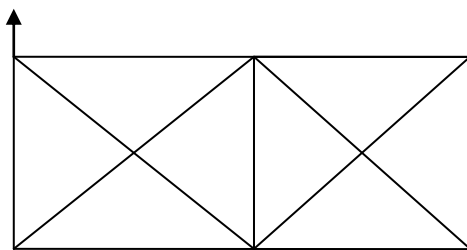


Рисунок 2.2 - Сутність методу трилатерации

По сторонах і кутам трикутника потім обраховують координати вершин трикутників так само, як у триангуляції.

Полігонометрія (у перекладі із грецького – багатокутний) (рис. 2.3).

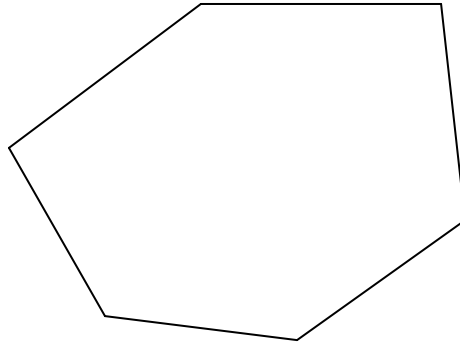


Рисунок 2.3 - Сутність методу полігонометрії

Найпоширеніший метод розвитку мережі опорних геодезичних крапок у дорожнім будівництві.

На місцевості будують ламані ходи, у яких вимірюють всі кути й сторони. Як правило, полігонометричні ходи будують на закритій місцевості - у містах, інших населених пунктах, на залесеній місцевості, уздовж дорогий, долинами рік. Полігонометричні ходи роблять замкнутими, утворюючи багатокутники (полігони).

Вирішують прямі геодезичні задачі. За основу беруть початкову крапку ходу, визначають точно її координати. По дирекційному куту першої лінії й довжині її визначають координати другої крапки й т.д. Вершини полігонометричних ходів мають назва пунктів полігонометрії.

Вибір методу побудови мережі визначають по економічній і технічній доцільності.

Державну геодезичну мережу першого й другого класів створюють методами триангуляції й полігонометрії й використовують у наукових дослідженнях, пов'язаних з визначенням форми (фігури) і розмірів Землі як планети, для поширення єдиної системи координат на всю територію країни. Вона є основою для розвитку мереж наступних класів.

Геодезичні мережі згущення будують при недостатній для наступних робіт густоті пунктів державної мережі. По точності й послідовності розвитку мережі згущення діляться на перший і другий розряди. Їх створюють методами полігонометрії й триангуляції.

Знімальні геодезичні мережі заповнюють сітки згущення. Їх будують у вигляді теодолітних ходів, різноманітних зарубок і нескладних триангуляційних побудов.

На ділянках площею до 1 км², якщо немає даних про державні геодезичні мережі й сітки згущення, знімальні сітки будуються як самостійні **місцеві геодезичні** мережі.

Спрощує обчислення координат вершин трикутників космічна триангуляція. Спостереження з літальних апаратів використовують для приведення координат віддалених або недоступних геодезичних пунктів у єдину геодезичну світову мережу.

Для позначення планових **геодезичних пунктів** і їхнє закріплення на місцевості служать підземне й наземне спорудження – **геодезичні знаки**. На пунктах триангуляції й полігонометрії наземна частина служить для встановлення штатива геодезичних інструментів і точного наведення. Підземна частина являє собою бетонний блок, на верхній частині якого встановлена крапка, властиво геодезичний пункт. Його закопують так, щоб верхня його частина перебувала глибше найбільшого промерзання ґрунту. Якщо видимість між пунктами гарна, на місцевості ставлять лише бетонні стовпці або прості **піраміди**, а на залесеній місцевості, де слабка видимість, – **геодезичні знаки**.

Висотна геодезична мережа створюється **нівелюванням** за допомогою високоточних нівелірів методом геометричного нівелювання, прокладаючи нівелірні ходи між реперами.

По точності теж ділиться на **чотири класи**. Нівелювання першого, найвищого, класу проводиться трасами, які, як правило, з'єднують моря (Балтійське й Чорне уздовж 30). У результаті нівелювання I-го класу визначається різниця висот рівнів води в морях, повільні тектонічні підняття або опускання. Ходу нівелювання II-го класу прокладаються уздовж основних автодоріг і залізниць, більших рік. Між

лініями II класу прокладаються лінії III-го класу й згущаються лініями IV-го класу для безпосереднього висотної зйомки (нівелювання) місцевості.

Пункти нівелювання закріплюються на місцевості нівелірними *реперами* й *марками* через кожні 3-5км у ґрунт, стіни або фундаменти висотних будинків. На лініях I-III класів через 50-80км устанавлюються фундаментальні репери, а на лініях I-Go класу, крім того, - надійні вікові репери.

Вибір виду й способу побудови опорних мереж у дорожнім будівництві залежить від наступних факторів:

- 1) тип об'єкта;
- 2) його форма й площа;
- 3) призначення;
- 4) фізико-географічні умови району будівництва;
- 5) вимога до точності;
- 6) наявність технічних засобів у виконавця.

Найпоширенішим видом геодезичних мереж на об'єктах лінійного й цивільного будівництва є:

1) магістральні лінійно-кутові ходи уздовж траси лінійного спорудження. Являють собою теодолітний хід підвищеної точності із ґрунтовими реперами.

2) геодезична розбивна мережа у вигляді будівельної сітки квадратів або прямокутників, закріплених постійними знаками. Як правило, будівельну сітку створює замовник і передає виконавцеві по акті.

Будівельна сітка проектує по конфігурації, місцю розташування й точності, а також способів виносу на місцевість. Розбивка ведеться від існуючих споруджень.

3. ДЕРЖАВНІ ПЛАНОВІ Й ВИСОТНІ ГЕОДЕЗИЧНІ МЕРЕЖІ.

31. Державна планова геодезична мережа

ГГС країни підрозділяються на 1, 2, 3 і 4 класи.

Геодезична мережа 1-ого класу прокладена рядами тріангуляції по паралелях і меридіанам, які утворюють ланки по 200-250км (мал.1).

Ланки перетинаються між собою й утворюють систему тріангуляційних полігонів з периметрами порядку 800-1000км. На перетинаннях ланок вимірюють базисні сторони з відносною погрішністю 1:400000. У пунктах на кінцях базисів або крайніх ліній полігонометричних ходів вимірюють широту й довготу, дирекційний кут або азимут напрямку (так звані пункти Лапласа).

Довжина сторін полігонометричному ходу 1-ого класу вимірюється з відносною погрішністю 1:300000. Горизонтальні кути - високоточними теодолітами типу Т05 зі середньоквадратичними погрішностями виміру кутів на пунктах тріангуляції 0,5'' або на пунктах полігонометрії – 0,7''.

Геодезична мережа 1-ого класу є геодезичною основою для подальшого розвитку мереж у єдиній системі координат на всій території країни.

Усередині полігона 1-ого класу методами тріангуляції й полігонометрії створюється геодезична мережа 2-ого класу. Базисні сторони вимірюють не рідше, ніж через 25 трикутників з відносною погрішністю не більше 1:300000, а сторони полігонометрії – не більше 1:250000. Горизонтальні кути - точними теодолітами типу Т1 зі середньоквадратичними погрішностями виміру кутів не більше 1''.

Мережа геодезичних пунктів 2-ого класу згущають пунктами геодезичних мереж 3 і 4 класу. Відносна припустима помилка виміру довжин базисних сторін у тріангуляції – 1:200000, а в полігонометрії – відповідно 1:200000 і 1:150000. Горизонтальні кути - точними теодолітами типу Т2 зі середньоквадратичними погрішностями виміру кутів не більше 1,5'' для мереж 3 класу, 2'' - для 4 класу.

Дані, що характеризують правила й точність побудови ГГС наведені в табл.3.1

Таблиця 3.1 - Правила й точність побудови планових ГГС

Характеристика	Метод створення геодезичної мережі			
	Тріангуляція (полігонометрія)			
	1 клас	2 клас	3 клас	4 клас
Довжина ходу, км	200-250			

Довжина сторони, км	20	7-20	5-8(3-4)	2-5
Відносна помилка довжини сторони	1:400000 (1:300000)	1:300000 (1:250000)	1:200000 (1:150000)	1:200000 (1:150000)
Середня квадратичная помилка виміру кута, сек.	0,7(0,4)	1	1,5	2,0

Геодезичні пункти ГГС установлюють таким чином, щоб вони по можливості рівномірно покривали територію країни (по можливості).

3.2 Державна висотна геодезична мережа

Державні висотні (нівелірні) мережі створені й розвиваються методами геометричного нівелювання й розділяються на мережі 1, 2, 3 і 4 класи.

Нівелірна мережа 1 класу створюється нівелюванням 1 класу (високої точності) високоточними сучасними приладами й методами. Методика складна. Нівелювання виконують у прямому й зворотному напрямку по двох парах милиць або колів, що утворюють два незалежних ходи. Нівелювання ведуть при рівних плечах по 50м, а нерівність відстаней - плечей - допускається не більше 0,5м.

Нівелірні ходи 1 класу утворюють полігони периметром порядку 800км і є основою для висотних ходів 2 класи. Нев'язка в перевищеннях не повинна перевищувати

$$f = \pm 0,5\sqrt{L}, \text{ мм}, \quad (4.1)$$

де L – довжина подвійного нівелірного ходу, км.

Використовують високоточні нівеліри Н-05 і Ni-02, а в останні роки - RENI 002A.

Нівелювання 1 класу повторюють кожні 25 років з метою вивчення динаміки вертикальних зсувів земної кори.

Нівелірна мережа 2 класи створюється нівелюванням 2 класи. Нівелірні ходи прокладають 2 класи прокладають усередині ходів 1 класу, як правило, уздовж залізн., а доріг., при цьому вони утворюють полігони периметром порядку 500-600км. Довжина плечей прийнята 65м, а в розбіжностях від нівеліра до рейок не більше 1м. Нев'язка не повинна перевищувати

$$f = \pm 5\sqrt{L}, \text{ мм}, \quad (4.2)$$

Використовують високоточні нівеліри Н-1 і Н-2 і Ni-007 а в останні роки - DL - 102С.

Нівелірні ходи 1 і 2 класи обов'язково прив'язують до морських водомірних постів. Основне призначення - створення єдиної висотної основи на території країни (Балтійська система висот); для рішення різних задач.

Нівелірні ходи 2 класи згущають нівелірними мережами 3 класи, які у свою чергу згущають нівелірними мережами 4 класи.

Кожний нівелірний хід 3 і 4 класи повинен обов'язково прив'язується обома кінцями до знаків нівелірних мереж більше високого класу або утворювати замкнуті полігони.

Довжина плечей при нівелюванні 3 класи прийнятий 75м, а в розбіжностях від нівеліра до рейок не більше 2м. Нев'язка не повинна перевищувати

$$f = \pm 10\sqrt{L}, \text{ мм}, \quad (4.3)$$

Довжина плечей при нівелюванні 4 класи прийнятий 100м, а в розбіжностях від нівеліра до рейок не більше 5м. Нев'язка не повинна перевищувати

$$f = \pm 20\sqrt{L}, \text{ мм}, \quad (4.4)$$

Пункти державної висотної нівелірної мережі закріплюють капітальними ґрунтовими реперами, стінними реперами й марками.

3.3 Геодезичні мережі місцевого значення

Геодезичні мережі місцевого значення служать для подальшого згущення державних мереж і підрозділяються на:

- а) аналітичні мережі 1 і 2 розрядів, розвиваються методом триангуляції;
- б) полігонометричні мережі 1 і 2 розрядів, розвиваються методом полігонометрії;
- в) мережі технічного нівелювання розвиваються методом геометричного нівелювання.

Аналітичні мережі є суцільною мережею тріангуляції, ланками трикутників або окремих крапок, які одержують зарубками з пунктів ГГС.

Основні показники, які характеризують побудова й точність геодезичних мереж місцевого значення, наведені в табл.5.1

Таблиця 5.1 - Основні показники геодезичних мереж місцевого значення

Показники	Аналітичні мережі		Полігонометричні мережі		Мережі технічного нівелювання
	розряд		розряд		
	1	2	1	2	
Середня квад. помилка изм. кутів	5//	10//	5//	10//	-
Относ.ср. квадр.помилка исх. сторін	1:50000	1:25000	-	-	-
Относ.ср. квадр.помилка изм. Сторін у полигоном. мережах	-	-	1:10000	1:5000	-
Относ. припустиме нев'язання в полигонометр. ходах	-	-	1:10000	1:5000	-
Припустиме значення кутових невязань у трикутнику	20//	40//	-	-	-
Припустиме невязання в	-	-	-	-	$50\sqrt{L}$, мм

полігонах і ходах техн. нівелювання (між реперами вищого класу)					
---	--	--	--	--	--

4 ПОЗНАЧЕННЯ ПУНКТІВ ДГМ НА МІСЦЕВОСТІ

Пункти **ДГМ** вибирають по можливості на відкритих, піднесених місцях місцевості, таким чином, щоб з **кожного** з них була забезпечена пряма видимість, щонайменше, до трьох сусідніх пунктів.

Геодезичні пункти для довгострокового збереження надійно закріплюють на земній поверхні **геодезичними центрами** – залізобетонними монолітами, що закладаються нижче глибини промерзання ґрунту. Геодезичний центр має координати геодезичного пункту.

Геодезичний центр складається із трьох частин:

1 - бетонний пілон з маркою, що забита у верхню її грань, має розміри: **нижня підстава 35*35див**, верхнє - **20*20див** і висотою **130див**.

2 - бетонний якір - плита розміром **60*60*20див**.

3 - нижній центр - бетонний моноліт розміром **25*25*20див** із закладенням у нього маркою.

Над центрами **держ.** планових **мереж** 1-4 класу встановлюють зовнішні знаки різних конструкцій, які бувають дерев'яні й металеві. Основне призначення зовнішніх знаків - підняти візирну марку й **геод. прилад** на висоту (до 50м) і провести **виміру** на сусідні знаки, що **перебувають** у межах прямої видимості.

Пункти **висотної ГМ** закріплюють на місцевості капітальними ґрунтовими реперами, стінними реперами або марками. На всіх **мережах** 1 і 2 класи **кап. реperi** закладають на **стійких** ґрунтах, корінних породах, через 50-80км. На всіх **мережах** 3 і 4 класи - стандартні **реperi** й марки через 7-8км, у важкодоступних і незаселених місцях - через 10-15км.

Репери ДНМ закладають у ґрунт на 0,5-1,0м нижче глибини промерзання ґрунту. В 1м від кап. репера ДНМ устанавлюють ж.б. розпізнавальний стовпчик, до якого прикріплюють болтами охоронну чавунну плиту з написом.

У населених пунктах закладають стінні репери або марки в стіни або фундаменти будинків.

Стінні марки звичайно розміщують на висоті 2-2,5м над поверхнею землі. У центрі марки є отвір, до якого визначається її висота й до якої прикладається спец. рейка.

Стінні репери закладають звичайно на висоті 0,7-1,0м над поверхнею землі. Вони мають спеціальний уступ для устанавки рейки.

Рис.10.3, 10.4 (2), рис. 13.3, 13.4-13.6 (3)

Рисунок 6.1 - Ґрунтовий фундаментальний репер (центр) для районів з глибиною промерзання до 1,5м позначення реперів на місцевості

5 КАТАЛОГИ КООРДИНАТ І ВИСОТ ПУНКТИВ ДЕРЖАВНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ (ДГМ)

Координати й висоти пунктів ДГМ наводяться роздільно в каталогах координат або каталогах висот геодезичних пунктів.

Каталоги становлять у відповідності зі спеціальною інструкцією. Вони містять опис фізико-географічних умов району робіт, рік провадження робіт, схему обґрунтування, відомості про використані геодезичні прилади, аналіз і оцінку точності зроблених робіт. У каталоги поміщають дані про збережені пункти старих геодезичних мереж і надійно закріплених на місцевості тимчасових геодезичних знаків.

Каталоги координат і висот пунктів ДГМ зберігаються в Держгеокартофонде, у підрозділах ДУГХ РФ і Держгеонадзоре, а також у районних адміністраціях. Дані про відповідні пункти ДГМ можуть бути отримані по офіційному запиті організації, що робить геодезичні роботи в даному районі.

