

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Запорізька державна інженерна академія



Руденко А.А.

ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА

Методичні вказівки
до лекційних і лабораторних занять
для студентів ЗДІА
спеціальності 7.092101 «Промислове та цивільне будівництво»



Запоріжжя
2011

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Запорізька державна інженерна академія

Руденко А.А.

ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА

Методичні вказівки
до лекційних і лабораторних занять
для студентів ЗДІА
спеціальності 7.092101 «Промислове та цивільне будівництво»

*Рекомендовано до видання
на засіданні кафедри ПЦБ
протокол № 5 від 02.11.2010р*

Запоріжжя
2011

Геодезичне забезпечення будівництва. Методичні вказівки до лекційних і лабораторних занять. Для студентів ЗДІА спеціальності –7.092101 Промислове та цивільне будівництво. Укл. Руденко А.А., Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2011 – 34 с.

Укладач: **Руденко А.А., к.т.н., доцент**

Відповідальний за випуск: **Зав. кафедри ПЦБ
д.т.н., проф. Павлов І.Д.**

Передмова

Методичні вказівки укладені відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Геодезичне забезпечення будівництва» для студентів спеціальності «Промислове та цивільне будівництво».

Надзвичайно бурхливий розвиток в останні роки техніки, приладобудування і технології виконання геодезичних робіт призвело до того, що підручники та навчальні посібники із спеціальних топографо-геодезичних дисциплін не встигають своєчасно реагувати на ці досягнення. Наявність сучасних найновіших геодезичних приладів спонукає удосконаленню технології виконання геодезичних та будівельно-монтажних робіт, дозволяє підвищити їхню точність, ефективність, якість та надійність інженерних споруд. Тому методичні вказівки містять лекції по геоінформаційним системам, супутниковим методам вимірювань і найновішим геодезичним приладам, тобто з питань, що не висвітлені або недостатньо висвітлені в навчальних посібниках.

Треба відмітити, що надзвичайно велика кількість фірм багатьох країн володіють випуском широкого асортименту різнопланового призначення геодезичних приладів, які в повному об'ємі не можуть бути висвітлені в методичних вказівках. Тому в цих вказівках приведені тільки поодинокі зразки окремих фірм.

В методичних вказівках приведені деякі лабораторні роботи, які часто виникають в процесі проектування реконструкції будинків і споруд.

Лекція 1. Геоінформаційні технології в геодезії (ГІС)

1.1. Поняття про ГІС

Рівень традиційної технології виконання геодезичних робіт за нашого часу суттєво не відповідає вимогам інженерно-геодезичних вишукувань і системного автоматизованого проектування ні по об'ємам, термінам і вартості виконання робіт, ні по вимогам до інженерно-геодезичного супроводження будівельних процесів і експлуатації інженерних будівель, ні по рівню розвитку засобів автоматизації і обчислювальної техніки.

Сучасні геоінформаційні системи (ГІС), супутникові технології, принципово нові геодезичні прилади і методи виконання інженерно-геодезичних робіт забезпечують революційний прорив в вирішенні раніше перерахованих задач.

ГІС – це інтегрована автоматизована система і комплексна комп'ютерна технологія, що базується на сучасних досягненнях науки і техніки і призначена для одержання, введення, збереження, оновлення, обробки різних видів інформації для оперативного аналізу, прогнозування і прийняття рішень в області картографії, вишукувань, проектуванні, будівництві, експлуатації об'єктів, діагностики, паспортизації, економіки, екології і ін.

За функціональним призначенням ГІС це:

- система управління, що забезпечує прийняття рішень по оптимальному управлінню різними просторовими об'єктами (земельні угіддя, природні ресурси, міські господарства, транспорт, екологія і т. ін.);
- автоматизована інформаційна система, що об'єднує технології САПР (проектування), АСНД (наукові дослідження), АСІС (інформаційна система);
- геосистема, що включає технології накопичення інформації, наприклад, такі системи як ГІС (географічну), СКІ (картографічну), ЗІС (земельну), АКС (кадастрову) і ін.;
- система, що використовує різні цифри і графічні бази даних;
- система одержання проектних рішень, що використовує методи САПР і вирішує ряд інших специфічних задач (наприклад, узгодження проектних рішень із заінтересованими суб'єктами);
- система представлення інформації для одержання, насамперед, картографічної інформації із різними навантаженнями і в різних масштабах;
- прикладна система, що широко використовується на транспорті, навігації, в військовій справі, топографії, географії, геології, економіці, екології, демографії і т. ін.

Основним принципом організації просторової інформації в ГІС є пошаровий принцип (Рис. 1.1). Тематичні шари представляються не тільки в векторній (як в САПР), але і в растровій формі. Причому векторні дані в ГІС несуть інформацію про об'єкти, а не про окремі їхні елементи, як в САПР.

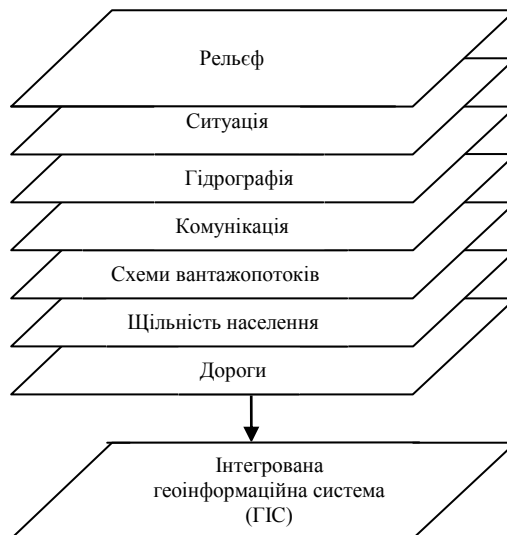


Рисунок 1.1. - Тематичний пошаровий принцип ГІС

1.2. Цифрові карти

Сукупність тематичних шарів, створює інтегровану основу графічної частини ГІС, в яких об'єднуючою основою є цифрові та електронні карти.

Цифрова карта – це цифрова модель місцевості (ЦММ), що записана на магнітному носії інформації у встановлених структурах і кодах, сформована на законах картографії в прийнятих для карт проекції, розграфці, системі координат і висот, а по точності і змісту відповідає карті певного масштабу.

Цифровою моделлю місцевості називають сукупність точок місцевості із відомими тривимірними координатами і різними кодovими позначеннями, що призначена для апроксимації місцевості із її природними характеристиками, умовами і об'єктами.

Загальна ЦММ – багат шарова модель, яка може бути представлена поєднанням окремих цифрових моделей (шарів): рельєфу, ситуації, ґрунтових, гідрогеологічних, інженерно-геологічних, гідрометеорологічних умов, техніко-економічних показників і інших характеристик місцевості.

Математичною моделлю місцевості (МММ) – називають математичну інтерпретацію цифрових моделей для комп'ютерного вирішення інженерних задач.

ЦММ використовують для одержання крупномасштабних топографічних планів і іншої необхідної інформації (поздовжні і поперечні профілі траси, інженерно-геологічні розрізи і т. ін.).

ЦММ формують із використанням наступних принципів:

- **регулярні ЦММ** утворюють розміщенням точок по вершинах сіток із геометричних фігур (прямокутних, трикутних, шестикутних) (Рис. 1.2 а, б, в); регулярні моделі ефективно використовувати при проектуванні вертикального планування міських вулиць, площ, аеродромів і інших об'єктів на місцевості із

рівнинним рельєфом, але для апроксимації рельєфу необхідно в 5-20 разів більше точок в порівнянні із нерегулярними ЦММ;

- нерегулярні ЦММ будуються на поперечниках до осі магістрального ходу (Рис. 1.2, г), на горизонталях (Рис. 1.2, д), на структурних лініях (Рис. 1.2, е); структурні ЦММ володіють найменшою вихідною інформаційною щільністю точок місцевості;

- статистичні ЦММ (Рис. 1.2, ж) є найбільш універсальними і передбачають нелінійну інтерполяцію висот поверхнями різних порядків; сфера їх застосування досить широка і не обмежується якими-небудь категоріями рельєфу.

Цифрову модель рельєфу (ЦМР) і геологічну будову місцевості формують на основі використання наземних і аерокосмічних вишукувань. Для забезпечення необхідної апроксимації рельєфу щільність точок для регулярних і нерегулярних (статистичних) моделей приймають:

- в рівнинній місцевості – 20-30 м;
- в пересіченій місцевості – 10-15 м;
- в гірській місцевості – 5-7 м.

З допомогою ЦММ і МММ в рамках САПР вирішується:

- оптимальне просторове трасування лінійних споруд;
- одержання поздовжніх і поперечних профілів трас;
- одержання повздовжніх і поперечних інженерно-геологічних розрізів;
- вирішення задач вертикального планування;
- проектування транспортних розв'язок автошляхів в одному і різних рівнях і ін.

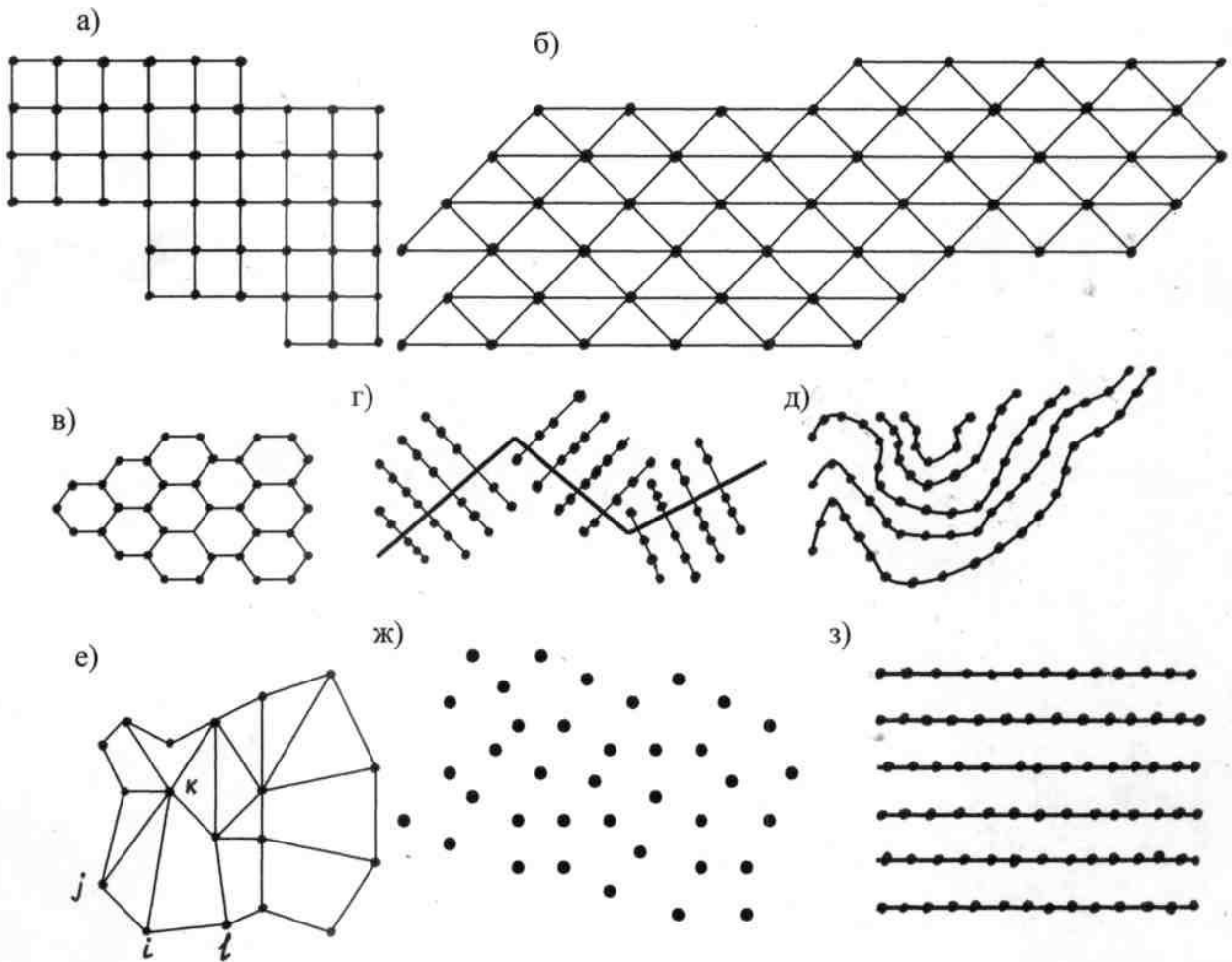


Рисунок 1.2. - Види ЦММ: а, б, в – по вершинах правильних багатокутників, г – на поперечниках до ходу, д – на горизонталях, е – на структурних лініях, ж – статистична, з – на паралельних лініях до осі координат.

1.3. Електронні карти (ЕК)

Електронна карта – це векторна чи растрова топографо-тематична карта, яка сформована на машинному носії інформації в прийнятій проекції, системі координат і висот, умовних знаків, і призначена для відображення, аналізу і моделюванню, для вирішення розрахункових і інформаційних задач за даними місцевості і обстановки.

Векторне представлення графічної інформації – це цифрове представлення точкових, лінійних полігональних просторових об'єктів у вигляді набору координатних пар із описанням геометрії об'єкту.

Растрове представлення графічної інформації – це цифрове представлення просторових об'єктів у вигляді сукупності пікселів. Відмінність ЕК від цифрових карт в тому, що точкові, лінійні і площинні об'єкти, які характеризуються просторовими координатами і кодovими позначеннями, мають ще систему умовних знаків (із своїми розмірами, шрифтом і кольором) і просторово-логічні зв'язки між об'єктами і елементами зображення.

Представлення і збереження картографічної інформації у вигляді ЕК має цілий ряд переваг в порівнянні із картами на паперових носіях:

- можливість постійного внесення змін і коректур;
- можливість об'єднання в єдиній системі картографічної і некартографічної інформації і різних взаємозв'язків між ними;
- можливість створення необхідних карт, необхідної тематики, масштабів і ступеня деталізації як в електронному вигляді так і на паперових носіях;
- можливість тривимірної візуалізації цифрових моделей, що невидимі для людського ока, включаючи переміщення над поверхнею із візуальним ефектом польоту в тривимірному просторі і ін.

Принципові особливості ЕК як картографічної основи ГІС є багат шарова організація із гнучким механізмом управління шарами, що дозволяє не тільки відобразити значно більше різної інформації, чим на топографічній карті, але й спростити її аналіз.

1.4. Поняття при системи автоматизованого проектування (САПР)

Функціями САПР є розробка і випуск проектно-кошторисної документації при широкому використанні засобів автоматизації і комп'ютерної техніки з рівнем якості недосяжним засобами традиційного проектування.

Кардинальною відмінністю системного проектування від епізодичного застосування комп'ютерної техніки при традиційному проектуванні є взаємозв'язок всіх підсистем САПР, при якому результати проектних розробок за однією із систем безпосередньо використовуються у вигляді вихідної інформації для наступного проектування без проміжної підготовки даних. Ці результати можуть виводитися на екран монітора у вигляді цифрової чи графічної інформації, яка при необхідності може коректуватися проектувальником.

Метою САПР є:

- покращення якості об'єктів проектування;
- зменшення вартості і матеріалоемності проектних рішень;
- скорочення термінів проектування і трудових затрат.

Однією із принципів відмінностей автоматизованого проектування є в тому, що вишукувальна інформація для проектування представляється у вигляді крупномасштабних топографічних планів на широку смугу можливого розміщення конкурентних варіантів ситуації і цифрових моделей рельєфу, інженерно-геологічної і гідрогеологічної будови місцевості на ту ж смугу і в тій же системі координат.

В процесі проектування по топографічних планах проектувальники ескізно відпрацьовують принципові інженерні рішення, доручаючи комп'ютеру розрахункове супроводження цих рішень і знімання вихідних даних із ЦММ для подальшого проектування.

Лекція 2. Найновіші геодезичні прилади

Зараз при геодезичному забезпеченні будівельно-монтажних робіт в залежності від точності їх виконання використовується широкий спектр сучасних приладів і програмних продуктів, які випускаються фірмами: УОМЗ (Росія); Carmin, Trimble, Lazer Technology, Hewlett Packard (США); NEDO, Karl Zeiss (Німеччина); Sokkia, Tamaya TECHICS, Copcon (Японія); FICO, Radio-tection (Англія); Leica (Швейцарія); SETI (Китай) та інші.

Тому наведемо огляд найбільш поширених сучасних геодезичних приладів.

2.1. Кутомірні прилади

Оптичні теодоліти і тахеометри вивчалися по програмі курсу «Інженерна геодезія» і тому в цій лекції будуть розглянуті тільки лазерні, електронні та комп'ютерні кутомірні прилади.

Лазерні теодоліти – це комбінація оптичного теодоліта і оптичного квантового генератора (ОКГ), що застосовуються як для вимірювання кутів так і для задавання напрямків, ухилів і для керування роботою будівельних машин і механізмів.

Лазерні теодоліти відзначаються тим, що в звичайному теодоліті зорова труба замінена ОКГ – лазером. Лазерні теодоліти не мають широкого застосування.

В практиці будівельно-монтажних робіт (БМР) одержали найбільше поширення серійні оптичні теодоліти із лазерними насадками, що мають автономне живлення від вбудованих батарей. Вони утворюють видимий в просторі промінь і можуть використовуватися без приймача випромінювання на відстані до 100 м, а із фотоелектричним приймачем – до 500м. Теодоліти із лазерними насадками особливо незамінні в умовах слабкої освітленості, а ті що укомплектовані поворотною пентапризмою дозволяють будувати лазерні площини.



Рис. 2.1 – Теодолит LDT520

В останні роки в практиці БМР почали застосовуватися лазерні електронні теодоліти, які суміщують в собі переваги лазерного теодоліта і електронного тахеометра, наприклад теодоліт фірми «SOKKIA» (Рис. 2.1.)

Електронні теодоліти – це кутомірні прилади, які призначені для напівавтоматичного виконання вимірювань і являють собою комбінації приладів: оптичних теодолітів, кодових теодолітів, вбудованих світлодальномірів і електронних дальномірних насадок.

Середня квадратична похибка вимірювання кутів одним прийомом електронними теодолітами становить:

для високоточних – до 1'' – 2'', точних – 5'' – 10'', технічних 15'' – 60''.

Електронні теодоліти застосовуються для тахеометричних знімачів, визначення горизонтальних відстаней, прирощення координат, розмічувальних робіт і інших задач.

Найпростіші російські електронні теодоліти це оптичні теодоліти 2Т2, 3Т2 КП, 2Т5 КП в комбінації із світлодальноміром 2СТ-10, чи японськими електронними дальномірами ММ100 або RedMiNi-3 фірми «SOKKIA», що забезпечують вимірювання відстаней від 2 до 10000 м.

Електронно-оптичний теодоліт російського виробництва Та5 представляє собою комбінацію приладів із оптичного теодоліта, вбудованого світлодальноміра і міні-комп'ютера і призначений для виконання тахеометричних знімачів, визначення горизонтальних відстаней, перевищень, прирощень координат і інших інженерно-геодезичних задач.

Електронний теодоліт Та5 (Рис. 2.2.) має наступні технічні характеристики:



Рис. 2.2. – Теодоліт Та 5

Середня квадратична похибка вимірювань:

горизонтальних кутів – 6''

вертикальних кутів – 11''

Діапазон лінійних вимірювань – від 2 до 2500 м.

Вага теодоліта – 7,8 кг.

Діапазон робочих температур – від - 15°С до +40°.

Електронні тахеометри – багатофункціональні геодезичні прилади, які являють собою комбінацію кодового теодоліта, вбудованого світлодальноміра і міні-комп'ютера.

Сучасні електронні тахеометри дозволяють вирішувати наступні інженерні задачі:

- визначення недоступних відстаней із точністю до 2-10мм;
- визначення висот недоступних об'єктів;
- визначення дирекційних кутів;
- визначення тривимірних координат рейкових точок;
- винесення в натуру тривимірних координат точок, прямих ліній, колових кривих;
- визначення площі;
- виконання архітектурних обмірів і ін.

Для виконання геодезичних робіт із використанням електронних тахеометрів застосовують спеціальні відбивні системи:

- однопризменні відбивачі – при вимірюванні відстаней до 800м;

- шестипризменні відбивачі – при вимірюванні відстаней більше 800м.

В останній час стали застосовуватися електронні безвідбивні тахеометри (наприклад, Sokkia SET 530R), що дозволяють вирішувати задачі прямим наведенням зорової труби тахеометра безпосередньо на знімальну точку (без відбивача).

Електронні тахеометри призначені головним чином для виконання крупномасштабних знімачь.

Комп'ютерні тахеометри – сучасні електронні тахеометри, що забезпечують прямий обмін інформацією із польовими і базовими персональними комп'ютерами, забезпечені сервоприводами, дистанційним комп'ютерним управлінням, системами автоматичного стеження за ціллю і набором універсальних, польових геодезичних програм.

Комп'ютерний тахеометр «Geodimeter ATS-МС» спеціально сконструюваний для автоматичного управління роботою дорожньо-будівельних машин і механізмів (бульдозерів, автогрейдерів, асфальто-укладчиків і т.ін.) має наступні характеристики:

Середня квадратична похибка вимірювання кутів:
стандартний режим – 1”
режим стеження - 2”

Діапазон вимірювання відстаней – до 3200м

Вага тахеометра із системами живлення – 8,5 кг

Комп'ютерний тахеометр загального призначення «Geodimeter 620S» має повну сумісність із приймачами систем супутникової навігації «GPS».

Комп'ютерний тахеометр «Geodimeter 468 DR» із вбудованим червоним лазером наведення використовується для виконання будівельних робіт в тунелях. Він визначає відстані без відбивача.

Комп'ютерні тахеометри володіють наступними особливостями:

- наявність сервопривода;
- можливість ручного і дистанційного комп'ютерного управління;
- наявність систем автоматичного стеження за рухомою мішенню (відбивною системою);
- запис результатів вимірювань в блоки пам'яті;
- наявність пакетів універсальних польових програм для обробки результатів вимірювань і вирішення інженерних задач;
- наявність інтерфейсів оперативного обміну інформацією із польовими і базовими комп'ютерами;
- повна сумісність із приймачами «GPS».

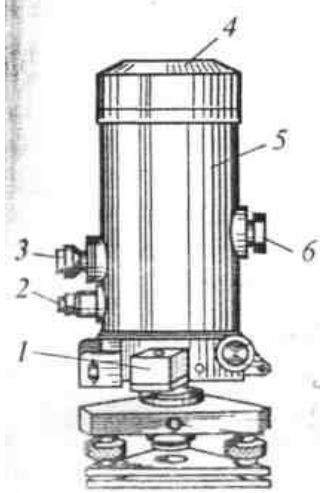
Гірогеодоліт – прилад є комбінацією із високоточного гірокомпаса і оптичного теодоліта призначений для автономного визначення істинних (астрономічних) азимутів із точністю 5” – 60”.

Зараз застосовують конструкції гірогеодолітів із лазерними дальномірами і з безроторними гіроскопами (вібраційними, лазерними, атомними).

В практиці інженерно-геодезичних робіт мають застосування автоматичні гіроскопічні станції, що поєднують можливості гіротеодоліта і комп'ютерного електронного тахеометра. Станції визначають істинні азимути із точністю $\pm 20''$.

2.2. Прилади вертикального проектування

Прилади вертикального проектування застосовують для перенесення планового положення осей будівель по вертикалі. Для цього використовують спеціальні оптичні і лазерні зеніт- і надир- прилади. Вони широко використовуються при будівництві телевеж, димових труб, бурових веж, копрів, градирень, спостереженнях за деформаціями споруд.



За способом приведення візирної осі чи світлового променя в прямовисне положення ці прилади можуть бути рівневими чи компенсаторними. В свою чергу компенсаторні прилади бувають одно- і двохкоординатні.

Однокоординатний оптичний зеніт – прилад ПЗЛ фірми «Карл-Цейс» (Рис. 2.3.) високоточний прилад із автоматично встановлюваною лінією візування. Похибка в перенесенні точки допускається в межах 2...4 мм.

Рис. 2.3. - Прилад ПЗЛ:
1 - круглий рівень;
2,3 - окуляри відлікового мікроскопа і труби;
4 - об'єктив зорової труби;
5 - корпус;
6 - фокусуєчий пристрій

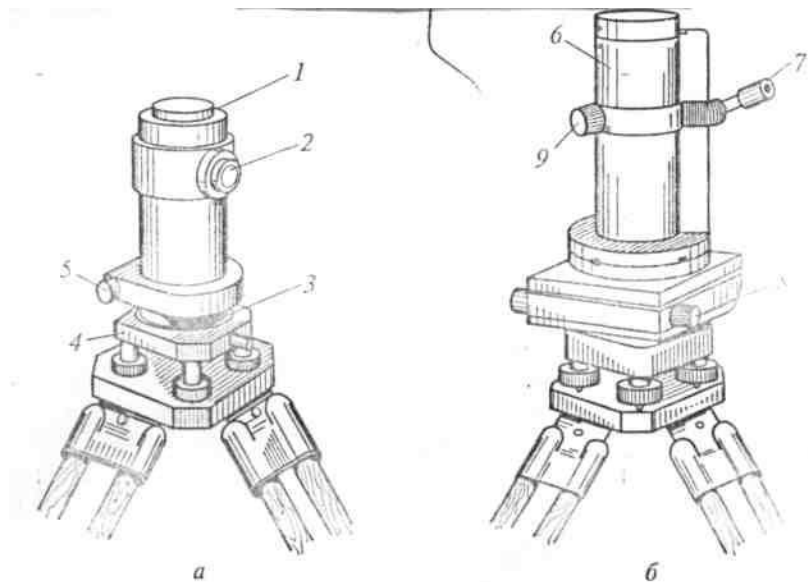


Рис. 2.4. – Прилади вертикального проектування: а - ПВП-Т; б - високоточний ПВП-В; 1 - об'єктив; 2,7 – окуляри; 3 – горизонтальний круг; 4 – підставка; 5,9 – рукоятки; 6 – зорова труба; 8 – каретка

Двохкоординатні прилади вертикального проектування ПВП-Т і ПВП-В (Рис. 2.4) російського виробництва мають свої особливості.

Прилад ПВП-Т (Рис. 2.4., а) забезпечений горизонтальним кругом і добавочною насадкою, яка дозволяє повернути візирну вісь в горизонтальне положення, що робить цей прилад універсальним для застосування на будівельному майданчику.

Високоточний прилад ПВП-В характеризується середньою квадратною похибкою передачі координат по вертикалі 0,5 мм на 100 м довжини візування.

2.3. Прилади для лінійних вимірювань

Крім традиційних і раніше розглянутих лазерних, електронних і супутникових способів вимірювань слід зазначити **вимірювальні колеса**, які застосовуються для вимірювання ліній на існуючих автомобільних дорогах, міських вулицях, аеродромах, тобто по місцевості із твердим покриттям. Вимірювальні колеса (польові курвіметри) забезпечують вимірювання із відносною похибкою 1 : 1000.



В ряді країн виробляють електронні вимірювальні колеса із магнітними датчиками, які мають міні-комп'ютер

Рис. 2.5. - Вимірювальне із дисплеєм і клавіатурою (Рис. 2.5.).
колесо

2.4. Прилади для визначення перевищень

В останній час поряд із оптичними нівелірами знайшли застосування в практиці вишукувань і будівництві лазерні і електронні (кодові) нівеліри.

Лазерні нівеліри засновані на використанні оптичних квантових генераторів (ОКГ). При перетині лазерного променя із нівелірною рейкою на ній висвітлюється лазерна пляма, як результат горизонтальної світлової лінії відносно якої відраховують перевищення. Таким чином світловий промінь виявляють візуально чи фотоелектричною індикацією.

Зараз випускаються три види нівелірів:

- із циліндричним рівнем на корпусі випромінювача або на зоровій трубі нівеліра, до якої прикріплений лазерний випромінювач;
- із самовстановним лазерним променем, тобто нівелір із компенсатором і лазерною насадкою;
- із обертальним лазерним променем, утворюючим видимі опорні горизонтальні і вертикальні площини.

Російська промисловість випускає лазерні нівеліри:

- «Лімка-Горизонт» із відстанню проєкції лазерного променя без фотоелектричного приймача до 100 м;
- лазерний ротаційний нівелір НЛЗО, призначений для визначення перевищень, побудови горизонтальних і вертикальних площин.

Лазерний нівелір LNA2L фірми «Вільд» може задавати горизонтальну, вертикальну і нахилену площину. Він забезпечений обчислювальним пристроєм, що автоматично вираховує висоти та дозволяє визначати відстані до 100 м.

Електронні нівеліри дозволяють повністю автоматизувати процес нівелювання. Кодовий нівелір представляє собою комбінацію оптичного приладу, спеціального міні-комп'ютера і спеціальних двохсторонніх рейок із закодованими поділками, що дозволяють автоматизувати взяття відліків.

Для високоточних геодезичних робіт застосовується прецизійний нівелір фірми «Carl Zeiss» RENO 002 A. Нівелір призначений для розвитку геодезичних мереж I і II класів і зведення відповідальних інженерних споруд. Електронний нівелір RENO 002 A дає можливість виконувати нівелювання в автоматичному режимі. Всі вирахування на станції і ув'язку нівелірного ходу виконує спеціалізований міні-комп'ютер із використанням пакета спеціальних програм. Для установа візирної осі в горизонтальне положення він забезпечений високоточним компенсатором із точністю приведення лінії візування до горизонту менше 1".

Сучасний малогабаритний нівелір DL 102C фірми «Topcon» (Японія) широко застосовується для:

- прокладання нівелірних мереж III і IV класів;
- спостереження за деформаціями інженерних споруд;
- виконання будівельно-монтажних робіт;
- топографічних знімачів і ін.

Цифровий електронний нівелір DINI фірми «Carl Zeiss» дає змогу в автоматичному режимі з високою точністю виконувати відліки за допомогою штрихкової рейки, виводити на дисплей відліки і відстані до рейки, а наявність пакета програм дозволяє вести оброблення результатів вимірювань і виконувати розмічувальні роботи.

Тривимірний лазерний сканер (Рис. 2.6) – це найбільш сучасний прилад, який дозволяє вимірювати тривимірні координати точок X, Y, Z за вибраним фрагментом місцевості із допомогою імпульсного безвідбиткового дальноміра, який обертається в вертикальній і горизонтальній площинах із одержанням щільного масиву точок, скануючи таким чином всю поверхню місцевості чи інженерної споруди.



Рис. 2.6. – Сканер

Результатом роботи сканера є безліч точок із вирахованими тривимірними координатами. Кількість точок в одному скані може досягати від декількох сотень тисяч до декількох мільйонів. Всі вимірювання виконуються із великою швидкістю – від декількох тисяч до десятків тисяч вимірювань в секунду.

Управління роботою приладу здійснюється із допомогою спеціального портативного комп'ютера із відповідним програмним забезпеченням. Одержані тривимірні значення координат точок місцевості передаються на комп'ютер по інтерфейсному кабелю і накопичуються в спеціальній базі даних, при цьому об'єм даних, що одержують із сканера, може досягати сотень мегабайт, а інколи і гігабайт.

Наведення сканера на об'єкти здійснюється за допомогою вбудованої цифрової фотокамери чи попереднього сканування. Робота по скануванню виконується в декілька сеансів із-за обмеженого поля зору. Для забезпечення процесу «зшивання» сканів, знятих із різних позицій сканера в межах взаємного перекриття, розміщують спеціальні мішені, координати яких визначають із допомогою безвідбивного тахеометра. Для переводу умовних координат точок сканера в потрібну систему координат треба визначити координати як мінімум трьох мішеней.

Ця технологія має наступні унікальні можливості:

- за повнотою і детальністю інформації вона не має рівних серед відомих методів знімання;
- неперевершена швидкість зібрання інформації про об'єкт (декілька хвилин);
- висока точність сканування ± 6 мм;
- отримання готової продукції безпосередньо в польових умовах.

Застосування лазерних сканерів досить широке: при зніманнях місцевості, при зніманні складних інженерних об'єктів, автодоріг, залізниць, при архітектурних обмірах будинків, виконавчих зніманнях, при зведенні споруд.

Лекція 3. Супутникові методи вимірювань

3.1. Поняття про системи супутникової навігації «GPS»

За останнє десятиріччя створений принципово новий метод визначення координат, де замість звичних нерухомих пунктів геодезичної мережі із відомими координатами використовуються рухомі супутники, координати яких можна вирахувати на будь-який момент часу.

Супутникова навігаційна система застосовується при вирішенні задач навігації, інженерної геодезії, оборони, геологічної розвідки, екології і ін.

За нашого часу використовується дві супутникові системи визначення координат:

- російська ГЛОНАСС – глобальна навігаційна супутникова система;
- американська NAVSTAR GPS – Navigation System With Time And Ranging, Global Positioning System (навігаційна система визначення відстаней і часу, глобальна система позиціонування), скорочено «GPS».

Обидві системи були створені для вирішення військових задач, але в останній час знайшли широке застосування в геодезії.

Принцип функціонування «GPS» заснований на визначенні місцеположення із відстаней до групи штучних супутників, які виконують роль точно координованих точок відліку, тобто рухомих пунктів геодезичної мережі.

Супутників в кожній системі по 24, а орбіти їх майже колові. Вони розташовані на висоті: 19100 км – у ГЛОНАСС і 20180 км – у NAVSTAR. Період обертання супутників ГЛОНАСС – 11 год 15 хв 44 сек, супутників NAVSTAR – 12 годин.

Супутники NAVSTAR розміщені в 6-ти орбітальних площинах, тобто по 4 в кожній; супутники ГЛОНАСС – в 3-х орбітальних площинах – по 8 в кожній.

Кожна система супутникової навігації складається із 3-х підсистем: А, Б і В.

Підсистема А складається із 24 супутників і засобів виведення їх на орбіту. Кожен супутник має на борту атомні годинники, що дають похибку за рік в 0,000003 сек. Але і ця похибка є достатньо великою і вона контролюється із Землі еталонними годинниками. Супутники постійно транслюють координатні радіосигнали і навігаційні повідомлення, створюючи, таким чином, глобальне навігаційне поле.

Підсистема Б – це наземна підсистема контролю і управління, яка складається із станцій слідкування, декількох станцій завантаження штучних супутників землі і головної станції, що здійснює моніторинг цільності системи і є первинним джерелом інформації для користувачів. Її задачами є:

- контроль за роботою супутників;
- збір інформації для визначення і прогнозу орбіт (ефемерид);
- формування єдиної часової системи всього орбітального комплексу, її синхронізація відносно всесвітнього часу та експортування даних в пам'ять бортових комп'ютерів супутників.

Підсистема В – це підсистема користувачів, складається із комплексу апаратно-програмних засобів, які реалізують головне призначення «GPS» - визначення координат для геодезичного застосування.

Основними факторами широкого користування «GPS» є:

- всепогодність;
- оперативність визначення координат (менше 3 хвилин від включення приймача);
- безперервність визначення координат (кожні 0,5 сек.);
- малі габарити і вага приймачів;
- мала енергоємність;
- відносно невелика вартість;
- простота експлуатації.

Супутникові навігаційні системи застосовуються: в військовій справі, в космічному, повітряному, морському, річковому, автодорожньому і залізничному транспорті, в геодезії, картографії, океанографії, при виконанні геолого-розвідувальних і геолого-геофізичних робіт, в лісовому господарстві, землеустрої, рибальстві, екологічному моніторингу, в науково-дослідних роботах і т.ін.

В інженерній геодезії і інженерній справі – це революційний прорив в майбутнє, який тягне за собою радикальну зміну парадигми інженерно-геодезичного обладнання, технології і методів виконання робіт.

3.2. Принцип визначення координат точок місцевості із використанням «GPS»

Головний принцип «GPS» - використання штучних супутників в якості рухомих геодезичних пунктів для визначення відстаней до них по терміну поширення випромінюваних ними радіосигналів і врахування координат на місцевості на основі тригонометричних залежностей. Відстань до супутників визначається по швидкості поширення (біля 300000 км/сек) радіохвиль і часу їх поширення від супутника до приймача на Землі.

На кожному супутнику є комплект із 4-х самих точних атомних годинників, які достатньо дорогі і громіздкі.

Визначивши відстань як мінімум до чотирьох навігаційних супутників (рухомих геодезичних пунктів), в подальшому визначення координат точки місцевості вирішують через задачу зворотної трилатерації.

Основною задачею визначення часу поширення радіосигналу є точна фіксація момента терміну передачі сигналу із супутника. В системі «GPS» ця задача вирішена синхронізацією сигналів супутників і радіоприймачів на Землі таким чином, щоб вони в один і той же час генерували один і той же бінарний код.

Оскільки в системах «GPS» використовуються супутники як рухомі пункти геодезичної мережі, то їхні орбіти і місцезнаходження кожного із них на орбітах повинно бути в будь-якій термін часу точно відомо. Тому кожний приймач

«GPS» в пам'яті свого комп'ютера вміщує безперервно обновлюваний довідник, із якого можна визначити точне місцеположення будь-якого супутника на будь-який момент часу.

Незначні відхилення супутників від теоретичних орбіт, що пов'язані із впливом гравітаційного поля Сонця і Місяця і тиску сонячного світла, виявляються наземними контрольними станціями слідування і вираховані поправки до орбіт передаються на супутники в пам'ять бортових комп'ютерів. Супутники, в свою чергу, кожену хвилину передають на Землю поправки до свого орбітального положення, обновляючи альманахи кожного приймача «GPS».

Похибки в системах «GPS», які пов'язані із задержками проходження радіосигналів через іоносферу і тропосферу враховують або введенням усереднених поправок, або використанням спеціальних приймачів, що працюють на двох радіосигналах різної частоти.

3.3 Приймачі «GPS»

На приймачах «GPS» встановлюють дешеві і компактні кварцові часи, що значно поступаються за точністю атомним, але істотно знижують вартість супутникових вимірювань.

«GPS» - приймачі бувають одно-, дво- і багатоканальні (безперервного слідування), одно- і двохчастотні.

За точністю визначення координат GPS - приймачі бувають:

III кл – навігаційного класу із точністю визначення координат 150-200 м;

II кл – класу картографії і ГІС із точністю визначення координат до 1-5 м;

I кл – геодезичного класу із точністю визначення координат до 1 см.

Навігаційні «GPS» - приймачі дешеві і компактні; класу картографії і ГІС – відносно дешеві і доступні проектно-вишукувальним і будівельним організаціям; геодезичного класу – дорогі, але навіть в кінематичному режимі вони дозволяють визначити координати із точністю 1-3 см, а за статичних вимірювань – до 1 см.

Точність приймачів класу картографії і ГІС може бути суттєво підвищена при розміщенні їх на диференційних базових DGPS-станціях, встановлених на точках із точно відомими координатами (наприклад, на пунктах наземних геодезичних мереж чи спеціально створених пунктах). Тоді визначають різницю між еталонними і «GPS»-координатами і ретранслюють поправки по радіосигналам на інші «GPS»-приймачі, що забезпечує вимірювання геодезичного класу точності (до 1 см).

3.4 Наземно – космічне топографічне знімання

Сучасні «GPS»-приймачі геодезичного класу і класу ГІС дозволяють виконувати знімальні роботи в режимі переміщення рейковиків від точки до точки, в кожній із яких координати реєструються геодезистом на магнітному

носії простим натиском кнопки. Таким чином можна виконувати знімання для одержання плану і профіля існуючих автодоріг при їх реконструкції із рухомого автомобіля із швидкістю до 30 км/год.

Наземно-космічне топографічне знімання місцевості із використання «GPS» може здійснюватися за наступних технологій.

На відкритій місцевості – DGPS–станція встановлюється на пункті державної геодезичної мережі. Зніманням охоплюється ділянка в радіусі до 10 км. Рейковики переміщуються по заздалегідь визначених маршрутах, фіксуючи як і при тахеометричному зніманні всі характерні точки місцевості (переломи рельєфу, ситуацію і т. ін.)

Координати місцевості, що з'являються на дисплеї контролера, записуються на магнітні носії інформації натиском кнопки. Кількість рейковиків обмежується тільки наявністю «GPS» - приймачів.

Одержання інформації про місцевість у цифровому вигляді на магнітних носіях забезпечує можливість подальшої автоматизованої підготовки топографічних планів і підготовки ЦММ для автоматизованого проектування.

В закритій місцевості (наприклад, в лісі), де потрібна рубка просік і встановлення додаткових точок знімального обґрунтування, топографічне знімання може виконуватися комбінованим способом, тобто наземної тахеометрії і «GPS» - знімання, що забезпечує роботу під кронами дерев. Це схема випереджувального створення знімальних геодезичних мереж.

Схему поствимірювань використовують після закінчення польових робіт, для чого інформацію із рухомих «GPS»-приймачів і базових DGPS–станцій заносять в пам'ять комп'ютера і з використанням спеціального програмного забезпечення добиваються підвищення точності супутникового позиціонування.

Лабораторна робота №1

Вертикальна прив'язка проекту будівлі до ділянки місцевості

Мета роботи – навчитись визначати відмітки точок перетину основних осей будівель; визначати відмітку чистої підлоги першого поверху; проектувати відведення атмосферних вод від будівлі.

1.1. Вихідні данні

На топографічному плані задається точка перетину основних осей А/1, напрямок поздовжньої осі А і розміри будівлі в основних осях. Для розв'язання задачі необхідно нанести на план всі чотири точки перетину основних осей прямокутної будівлі (рис. 1.1) та визначити: відмітки цих точок, відмітку чистої підлоги першого поверху і проектні відмітки планування кутів будівлі, що забезпечують відведення атмосферних вод в необхідних напрямках.

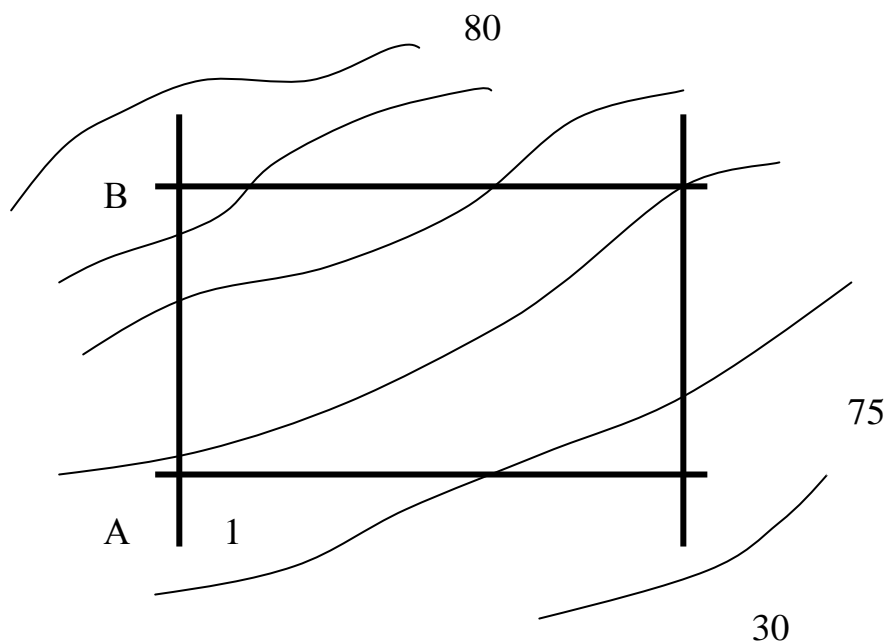


Рис. 1.1. - Генплан будівлі

Для розв'язання задачі необхідні: циркуль-вимірювач лінійка, поперечний масштаб.

1.2. Визначення відміток точок перетину осей

Відмітка точки, розташованої на горизонталі, дорівнює відмітці самої горизонталі. Якщо ж, наприклад, точка А/1 знаходиться між горизонталями, то

через неї проводять пряму MN (рис.1.2), перпендикулярну до цих горизонталей, за допомогою циркуля – вимірювача та поперечного масштабу визначають довжину його відрізків l_1 і l_2 .

Відмітку точки A/1 з урахуванням деформації паперу визначають від обох горизонталей за формулами:

$$H_{A/1} = 76 + (77 - 76) \cdot \frac{l_1}{l_1 + l_2} = 77 - (77 - 76) \cdot \frac{l_2}{l_1 + l_2}. \quad (1.1)$$

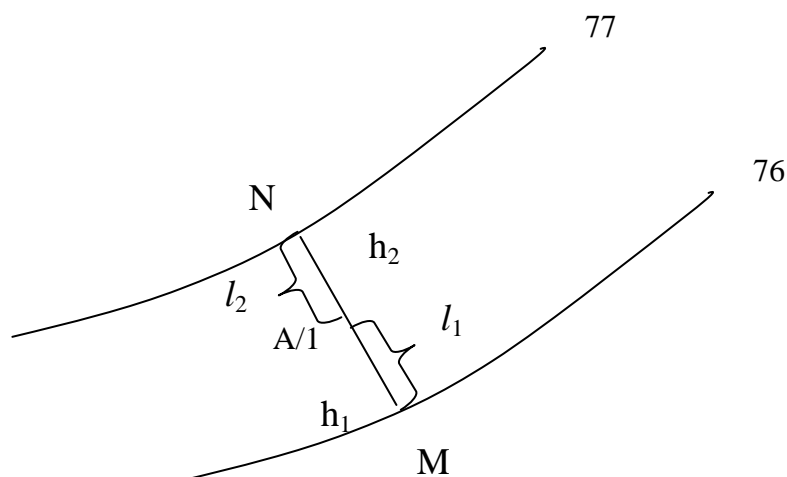


Рис. 1.2 - Схема визначення відмітки т. A/1

По аналогії визначають відмітки інших точок перетину основних осей A/30, B/1, B/30.

1.3. Визначення відміток чистої підлоги першого поверху та проектних відміток вертикального планування кутів будівлі

Для визначення відмітки чистої підлоги будівлі спочатку знаходять середнє арифметичне із одержаних природних відміток кутів будівлі:

$$H_{cp} = \frac{H_{A/1} + H_{A/30} + H_{B/1} + B_{B/30}}{4}. \quad (1.2)$$

Відмітку чистої підлоги першого поверху H_0 визначають із умов, щоб вона була на 0,8 – 1,0 м вища найвищої відмітки вертикального планування:

$$H_0 = H_{cp} + (0,8 \dots 1,0). \quad (1.3)$$

Одержану відмітку чистої підлоги умовно приймають за нульовий проектний горизонт.

Проектні відмітки планування кутів будівлі підбирають із таким розрахунком, щоб ухили планування у напрямку поздовжніх і поперечних осей будівлі були в межах від 0,010 до 0,030 і забезпечували стік атмосферних вод в потрібних напрямках.

Напрямок стоку атмосферних вод, як правило, суміщують із напрямком основного природного ухилу місцевості. Тому загальний напрямок стоку навколо будівлі буде в бік кута із найнижчою відміткою, а відмітка вимощення у цього кута повинна бути не менше ніж на 0,25 м вище його природної відмітки. При цьому ухил вимощення в поперечному напрямку повинен бути не менше 0,03.

1.4. Зміст та порядок виконання роботи

За заданими розмірами та положенням будівлі на топографічному плані визначити відмітки точок перетину основних осей, відмітку чистої підлоги першого поверху та вертикального планування кутів будівлі.

Лабораторна робота №2

Планове виконавче знімання колон будівлі

Мета роботи – навчитися виконувати планове знімання колон будівлі, обробляти результати знімання і складати виконавче креслення.

2.1. Вихідні дані

Журнал виконавчого знімання колон будівлі із первинними результатами вимірювань. Виконавче знімання виконане методом бокового нівелювання. Для цього від основної осі $A - A$ з точок K і M відкладають перпендикуляри $a = KK' = MM'$ однакової довжини і будують паралель $A' - A'$.

На одній із точок паралелі встановлюють теодоліт і візують на другу її точку (рис 2.1, а). По горизонтально встановлених рейках беруть відліки в верхньому b_B і нижньому b_H перерізах колони по чорній $b^ч$ і червоній $b^к$ сторонах рейки. Контроль нівелювання здійснюють вирахуванням різниці відліків: $PВ = b^к - b^ч$ і порівнянням результату із теоретичним значенням $PВ_T$. Потім вимірюють ширину граней колони l_1 і l_2 .

Всі результати вимірювань записують в міліметрах в журнал виконавчого знімання (рис 2.1, б) відліки по чорній і червоній боках в верхньому перерізу розміщують над рискою, а в нижньому – під нею, наприклад, $b_B^ч = 0195$, $b_B^к = 4980$, $b_H^ч = 0201$, $b_H^к = 4987$.

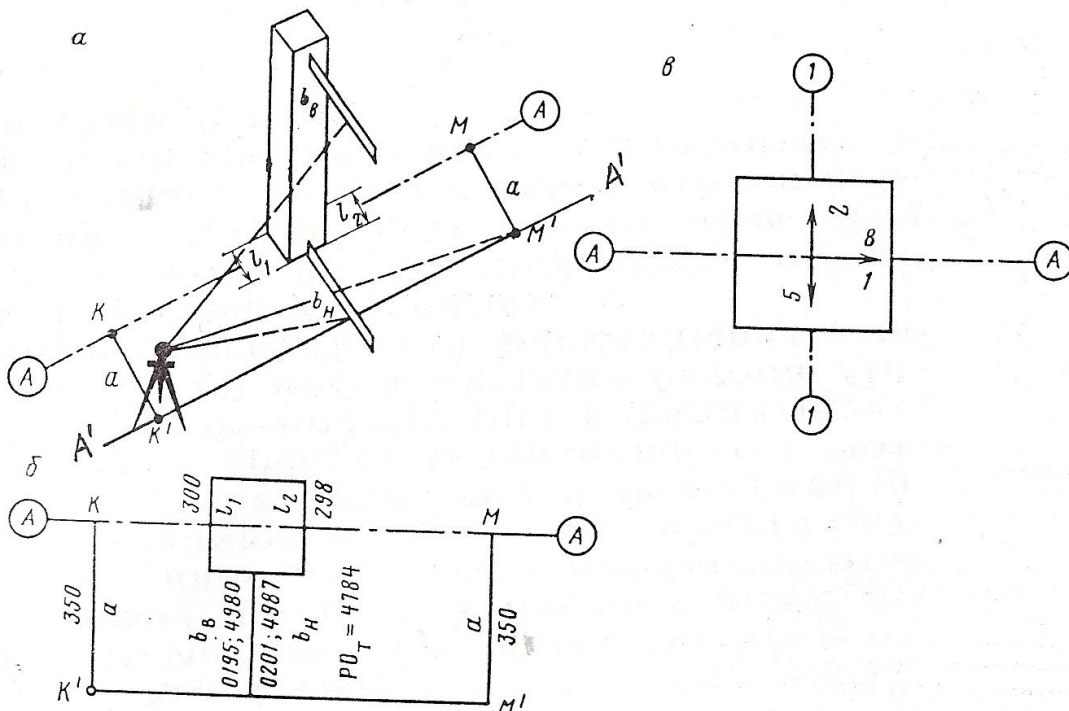


Рис. 2.1 - Планове виконання знімання колони:
а) схема знімання; б) журнал знімання; в) виконавче креслення

2.2. Обробка результатів планового знімання і складання виконавчого креслення та визначення нахилу колон

На креслярському папері в довільному масштабі рисують схему осі і паралелі будівлі і колони і виписують на ній весь цифровий матеріал вимірювань (рис. 2.1, б).

За результатами вимірювань із журналу виконавчого знімання вираховують середню ширину граней колони $l=1/2(l_1+l_2)$, відхилення колони від осі будівлі в верхньому Δ_v і нижньому Δ_k перерізі по чорній $\Delta^ч$ і червоній $\Delta^к$ сторонах рейки:

$$l=1/2(l_1+l_2)=1/2(300+298)=299 \text{ мм};$$

$$\Delta_v^ч = a - b_v^ч - 0,5 l = 350 - 195 - 0,5 \cdot 299 = +5,5 \text{ мм};$$

$$\Delta_v^к = a - b_v^к - PB_m - 0,5 l = 350 - (4980 - 4784) - 0,5 \cdot 299 = +4,5 \text{ мм}; \quad (2.1)$$

$$\Delta_k^ч = a - b_k^ч - 0,5 l = 350 - 201 - 0,5 \cdot 299 = -0,5 \text{ мм};$$

$$\Delta_k^к = a - b_k^к - PB_m - 0,5 l = 350 - (4987 - 4784) - 0,5 \cdot 299 = -2,5 \text{ мм}.$$

Оскільки розходження відхилення по чорній і червоній сторонах рейки не перевищують 5 мм, то вираховують середні значення:

$$\Delta_v = 1/2(\Delta_v^ч + \Delta_v^к) = 1/2(+5,5 + 4,5) = +5,0 \text{ мм}; \quad (2.2)$$

$$\Delta_k = 1/2(\Delta_k^ч + \Delta_k^к) = 1/2(-0,5 - 2,5) = -1,5 \approx -2,0 \text{ мм}.$$

Знак «+» у відхиленнях означає, що вісь колони зміщена із проектної осі в напрямку паралелі A^1-A^1 , а «-» - зміщення від неї.

Одержані відхилення виписують на виконавче креслення (рис. 2.1, в), при цьому відхилення в верхньому перерізі колони виписують над стрілкою, що вказує напрямок відхилення, а в нижньому перерізі – під нею. В нашому прикладі відхилення +5 мм означає в бік паралелі A^1-A^1 , а -2 мм – в протилежному напрямку.

Вираховують нахил колони за формулою:

$$\Delta_{нах} = \Delta_v - \Delta_k = +5 - (-2) = +7 \text{ мм}. \quad (2.3)$$

Тобто верх колони нахилений в бік паралелі A^1-A^1 на 7 мм.

Визначення і обробка результатів виконавчого знімання по поперечних осях виконується аналогічно.

2.3.Зміст та порядок виконання роботи

1. За заданим (рис. 3.2) варіантом виконати необхідні побудови та обчислення результатів вимірювань планового знімання.
2. Скласти виконавче креслення відхилень колон.

Лабораторна робота №3

Висотне виконавче знімання опірних поверхонь колон будівлі

Мета роботи-навчитися обробляти результати висотного знімання колон будівлі і складати виконавче креслення.

3.1. Вихідні дані

Журнал виконавчого знімання, в якому виписані відліки по чорній і червоній сторонам рейки оголовків колон, а також відліки по чорній і червоній сторонам рейки на репері на початку роботи (в чисельнику): $a = 1584$, $a = 6367$ і в кінці роботи (в знаменнику) - $a = 1587$, $a = 6369$ (рис. 3.1, б).

Відмітки опірних поверхонь визначають геометричним нівелюванням. На кожній станції роботу починають і закінчують відліками на рейці, встановленій на репері.

Якщо опірні поверхні конструкцій розташовані вище горизонту приладу, то рейку із спеціальним кронштейном підвішують на опірній поверхні п'яткою догори. (рис.3.1, а).

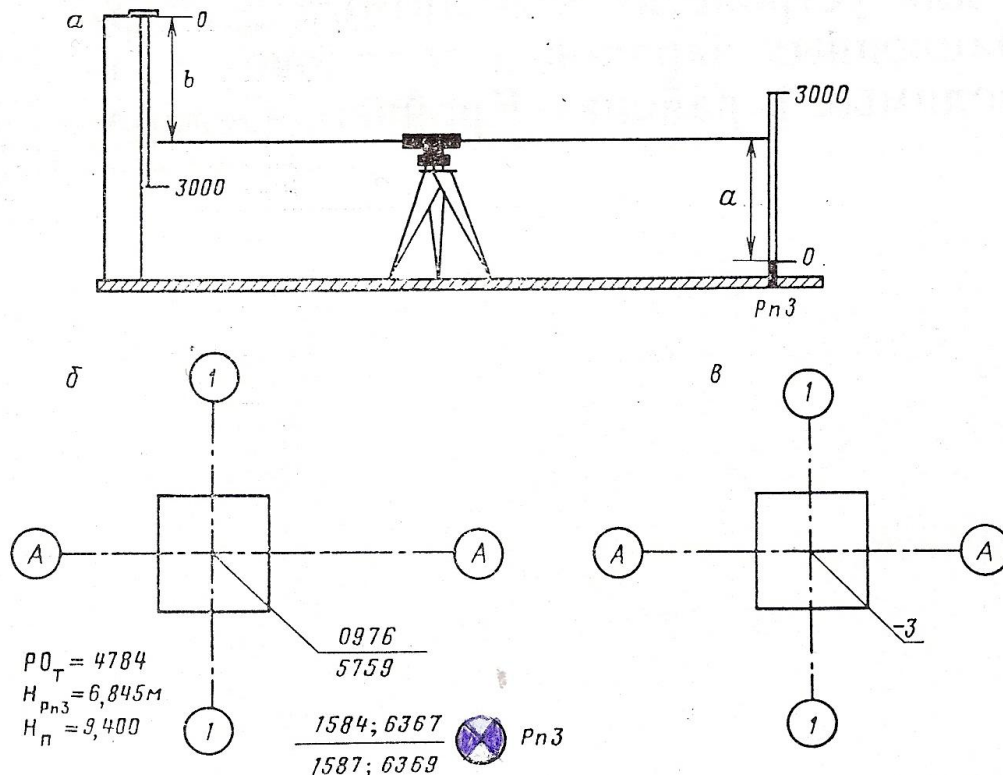


Рис. 3.1 Висотне виконавче знімання колони:
а) схема знімання; б) журнал знімання; в) виконання креслення

Відліки $b^ч$ і $b^к$ виписують в журнал виконавчого знімання на виносці у відповідної колони. Контроль нівелювання виконують вирахуванням нулів рейки:

$PВ=b^к-b^ч=5759-976=4783$ і порівнюють одержаний результат із теоретичним значенням п'ятки рейки по червоній стороні $PВ_т=4784$.

3.2. Обробка результатів висотного знімання колон і складання виконавчого креслення

Обробку результатів вимірювань виконують в такій послідовності:

- вираховують горизонт приладу по чорній і червоній сторонах рейки:

$$\begin{aligned} ГП^ч &= Н^{пн} + 1/2(a^ч_н + a^ч_к) = 6845 + 1/2(1584 + 1587) = 8430,5 \approx 8430 \text{ мм}; \\ ГП^к &= 6845 + 1/2(a^к_н + a^к_к) = 6845 + 1/2(6367 + 6369) = 13213 \text{ мм}; \end{aligned} \quad (3.1)$$

- для кожної колони вираховують відмітку опірної поверхні по чорній і червоній сторонах рейки:

$$\begin{aligned} Н^ч_i &= ГП^ч_i + b^ч_i = 8430 + 976 = 9406 \text{ мм}; \\ Н^к_i &= ГП^к_i + b^к_i - 2PВ_т = 13213 + 5758 - 2 \cdot 4784 = 9403 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (3.2)$$

Оскільки розходження не перевищує 5мм вираховують середнє значення:

$$Н = 1/2(Н^ч_i + Н^к_i) = 1/2(9406 + 9403) = 9404; \quad (3.3)$$

- для кожної колони вираховують відхилення опірної поверхні від проектного положення:

$$\Delta_i = Н_п - Н_i = 9400 - 9403 = -3 \text{ мм}. \quad (3.4)$$

Відхилення Δ_i виписують на виноску у кожної колони.(рис 3.1, в).

3.3 Зміст та порядок виконання роботи

1. За даними журналу виконавчого знімання (рис.3.2) вирахувати відмітки опірної поверхні колон.

2. Вирахувати відхилення опірних поверхонь від проекту і виписати їх на виконавче креслення.

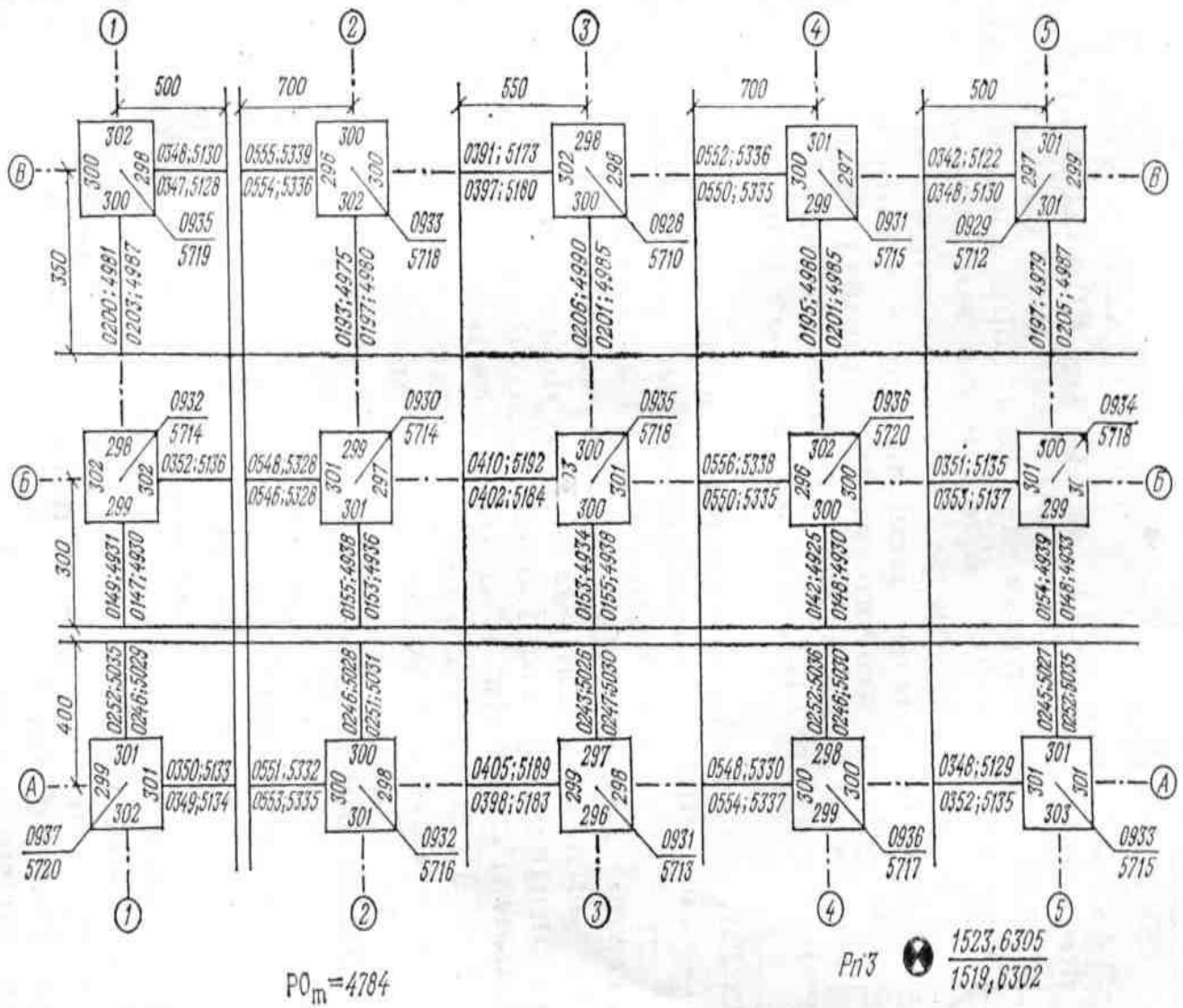


Рис. 3.2 Журнал виконавчого знімання колон будівлі

Лабораторна робота №4

Відновлення осей при реконструкції будівлі

Мета роботи – ознайомитись із методикою відновлення осей будівлі, вміти визначати редуції за результатами виконавчих зніманих та складати розмічувальні креслення.

4.1. Вихідні данні

В таблиці 4.1 приведені результати виконавчого знімання колон будівлі від попередньо розмічених осей, від яких виконано виміри планового відхилення колон у верхньому і нижньому перерізах.

4.2. Визначення редуцій положення осей

При зведенні надбудови несучі конструкції нового поверху повинні розташовуватися співвісно із існуючими конструкціями. Для цього детальне розмічування осей проводять у два етапи.

На першому етапі від існуючих конструкцій виконують попереднє розмічування осей А¹- А¹, Б¹- Б¹, 1¹-1¹, 3¹-3¹, 5¹-5¹, 7¹-7¹ (рис. 4.1)

Від цих осей виконують планове знімання існуючих колон у верхньому і нижньому перерізах. На схемі виконавчого знімання намічають положення системи прямокутних координат і проставляють знаки відхилень «+» - якщо їхні напрямки співпадають із позитивним напрямком координат і «-»- якщо в протилежному випадку. Із одержаних відхилень верха і низу колон вираховують середні значення з урахуванням знаків, заокруглюють їх до міліметрів і виписують на схему виконавчого знімання (рис. 4.1).

На другому етапі визначають елементи редуцій положення осей попереднього розмічування. За допомогою редуцій виконують коригування положення осей, при якому вони найкращим чином узгоджуються із положенням існуючих колон будівлі.

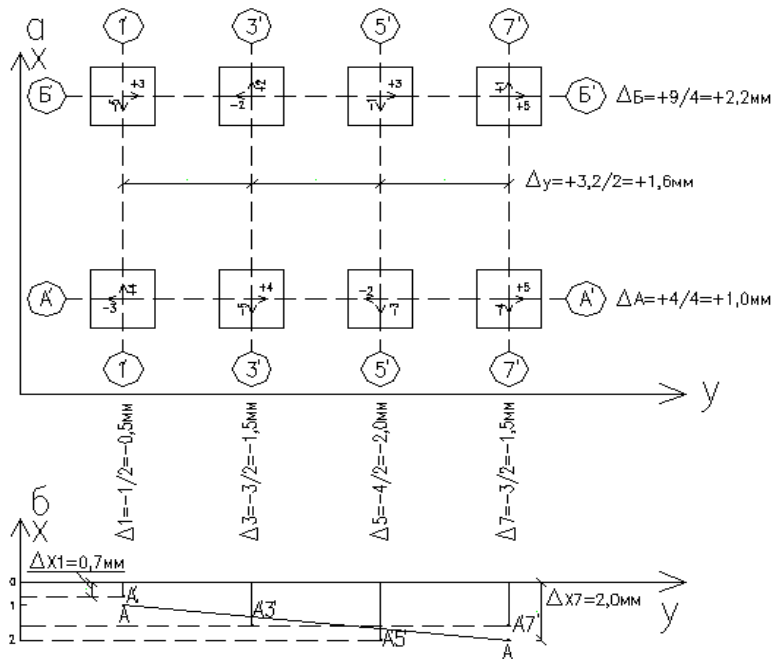
Визначення елементів редуцій виконують в такій послідовності:

- вираховують середні відхилення по поздовжніх і поперечних осях ($\Delta_A, \Delta_B, \Delta_1, \Delta_3, \Delta_5, \Delta_7$) за формулою:

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{n} \quad (4.1)$$

На рис. 4.1, а для поздовжніх осей

$$\Delta_A = \frac{-3+4-2+5}{4} = +1,0;$$



$$\Delta_B = \frac{+3-2+3+5}{4} = +2,2;$$

для поперечних осей:

$$\Delta_1 = \frac{+4-5}{2} = -0,5;$$

$$\Delta_3 = \frac{-5+2}{2} = -1,5;$$

$$\Delta_5 = \frac{-3-1}{2} = -2,0;$$

$$\Delta_7 = \frac{-4+1}{2} = -1,5;$$

і виписують їх на схему;

Рис. 4.1., а,б

- за середніми відхиленнями вздовж поздовжніх осей вираховують редуцію поперечних осей за формулою:

$$\Delta_y = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{n} = \frac{+1+2,2}{2} = +1,6$$

- на міліметровці в масштабі 1:50...1:100 по осі ординат відкладають відстані між поперечними осями, а по осі абсцис – відповідні відхилення в масштабі 1:1 – 1:2 і одержують точки $A^1 1^1$, $A^1 3^1$, $A^1 5^1$, $A^1 7^1$ (Рис. 4.1, б).

- на одержаному графіку проводять лінію виправленого положення поздовжньої осі А-А, рівновіддалену від точок $A^1 1^1$, $A^1 3^1$, $A^1 5^1$, $A^1 7^1$.

- на графіку вимірюють відрізки від осі ординат до лінії поздовжньої осі А-А в місцях перетину її із крайніми поперечними осями і одержують величини редуції:

$$\Delta_{x1} = -0,7 \text{ мм}$$

$$\Delta_{x7} = -2,0 \text{ мм}$$

- за одержаними результатами складають розмічувальне креслення (рис.4.1, в), на якому пунктирними лініями показують положення осей при

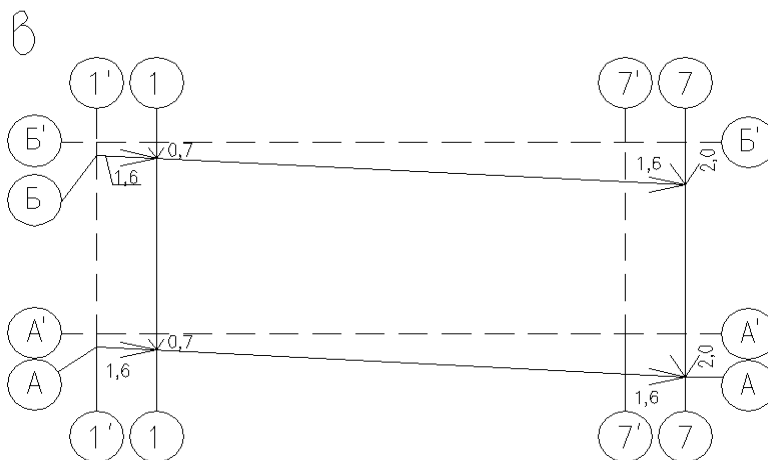


Рис. 4.1., в

попередньому розмічуванні ($A^1 - A^1$, $B^1 - B^1$, $1^1 - 1^1$, $3^1 - 3^1$, $5^1 - 5^1$, $7^1 - 7^1$), а

суцільною – виправлене положення цих осей (А- А, Б- Б, 1-1, 3-3, 5-5, 7-7), і виписують стрілками напрямок і чисельні значення редуцій в міліметрах. За розмічувальними кресленнями на конструкціях будівлі виконують редукування осей.

4.3 Зміст та порядок виконання роботи

За заданим варіантом середніх відхилень колон від попередньо розмічених осей (табл. 4.1) визначити редуції та скласти розмічувальні креслення.

Таблиця 4.1 - Середні відхилення колон (в мм) по поздовжніх (в чисельнику) і поперечних (в знаменнику) осях

| варіант | Назва поздовжніх осей | №№ осей | | | |
|---------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | 1 ¹ | 3 ¹ | 5 ¹ | 7 ¹ |
| 1 | A ¹ | $\frac{+2}{+4}$ | $\frac{-2}{+3}$ | $\frac{+4}{+2}$ | $\frac{-2}{-3}$ |
| | B ¹ | $\frac{-2}{+5}$ | $\frac{+5}{+3}$ | $\frac{+4}{-4}$ | $\frac{-3}{-3}$ |
| 2 | A ¹ | $\frac{+5}{+5}$ | $\frac{+3}{-3}$ | $\frac{-1}{-3}$ | $\frac{+3}{+2}$ |
| | B ¹ | $\frac{-4}{-3}$ | $\frac{+4}{-4}$ | $\frac{+5}{+3}$ | $\frac{-2}{+5}$ |
| 3 | A ¹ | $\frac{+5}{+4}$ | $\frac{+3}{-3}$ | $\frac{-2}{+3}$ | $\frac{-4}{-3}$ |
| | B ¹ | $\frac{-3}{+3}$ | $\frac{+4}{+2}$ | $\frac{-2}{-3}$ | $\frac{+2}{+4}$ |
| 4 | A ¹ | $\frac{+3}{+2}$ | $\frac{-1}{-3}$ | $\frac{+5}{+4}$ | $\frac{+2}{+3}$ |
| | B ¹ | $\frac{-2}{-3}$ | $\frac{+4}{+2}$ | $\frac{+2}{+4}$ | $\frac{-2}{+3}$ |
| 5 | A ¹ | $\frac{-2}{+3}$ | $\frac{+4}{+2}$ | $\frac{+2}{+4}$ | $\frac{-2}{+3}$ |
| | B ¹ | $\frac{-2}{+5}$ | $\frac{+5}{+3}$ | $\frac{+4}{-4}$ | $\frac{-4}{-3}$ |
| 6 | A ¹ | $\frac{-4}{-3}$ | $\frac{+3}{-3}$ | $\frac{-2}{+5}$ | $\frac{+5}{+4}$ |
| | B ¹ | $\frac{-2}{+3}$ | $\frac{+2}{+4}$ | $\frac{+4}{+2}$ | $\frac{-2}{+3}$ |
| 7 | A ¹ | $\frac{+2}{+3}$ | $\frac{-3}{-1}$ | $\frac{+2}{+3}$ | $\frac{+4}{+5}$ |
| | B ¹ | $\frac{-3}{-2}$ | $\frac{+2}{+4}$ | $\frac{+4}{+2}$ | $\frac{+3}{-2}$ |
| 8 | A ¹ | $\frac{+3}{-2}$ | $\frac{+4}{+2}$ | $\frac{+2}{+4}$ | $\frac{+3}{-2}$ |

| | | | | | |
|----|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | B^1 | $\frac{-3}{-4}$ | $\frac{-3}{+3}$ | $\frac{+5}{-2}$ | $\frac{+4}{+5}$ |
| 9 | A^1 | $\frac{+5}{-2}$ | $\frac{+3}{+5}$ | $\frac{+4}{-4}$ | $\frac{-3}{-4}$ |
| | B^1 | $\frac{+5}{-2}$ | $\frac{-2}{+3}$ | $\frac{+4}{-2}$ | $\frac{+2}{-4}$ |
| 10 | A^1 | $\frac{-3}{-2}$ | $\frac{+2}{+4}$ | $\frac{+4}{+3}$ | $\frac{+3}{-2}$ |
| | B^1 | $\frac{+2}{+3}$ | $\frac{-3}{-1}$ | $\frac{+4}{+5}$ | $\frac{+3}{+2}$ |
| 11 | A^1 | $\frac{+4}{+5}$ | $\frac{-3}{+3}$ | $\frac{+5}{-2}$ | $\frac{-3}{-4}$ |
| | B^1 | $\frac{+3}{-3}$ | $\frac{-3}{-1}$ | $\frac{+5}{+4}$ | $\frac{+3}{+2}$ |
| 12 | A^1 | $\frac{-3}{-4}$ | $\frac{-4}{+4}$ | $\frac{+3}{+5}$ | $\frac{+5}{-2}$ |
| | B^1 | $\frac{+3}{-3}$ | $\frac{+5}{+5}$ | $\frac{-3}{-1}$ | $\frac{+2}{+3}$ |
| 13 | A^1 | $\frac{+2}{-5}$ | $\frac{+4}{-4}$ | $\frac{+3}{+5}$ | $\frac{-4}{+4}$ |
| | B^1 | $\frac{+4}{+2}$ | $\frac{+3}{-2}$ | $\frac{+2}{+4}$ | $\frac{-3}{-2}$ |
| 14 | A^1 | $\frac{-3}{-4}$ | $\frac{+5}{-2}$ | $\frac{-3}{+3}$ | $\frac{+4}{+5}$ |
| | B^1 | $\frac{+3}{-2}$ | $\frac{+2}{+4}$ | $\frac{+4}{+2}$ | $\frac{+3}{-2}$ |
| 15 | A^1 | $\frac{-3}{-2}$ | $\frac{+2}{+4}$ | $\frac{+4}{+2}$ | $\frac{-3}{-2}$ |
| | B^1 | $\frac{+4}{+5}$ | $\frac{+3}{-3}$ | $\frac{+5}{-2}$ | $\frac{-3}{-4}$ |

Література

1. Войтенко С.П. Інженерна геодезія. Київ, Знання, 2009
2. Інженерна геодезія. Под. ред. Михелева Д.Ш. М., В. Шк., 2000
3. Лабораторный практикум по инженерной. Лукьянов В.Ф. и др. М., Недра, 1990
4. Островський А.Л., Мороз О.І., Тарновський В.Л. Геодезія, ч. II, Львів, 2007
5. Федотов Г.А. Інженерна геодезія, М., В. Шк., 2004
6. Шевченко Ф.Е., Мороз О.І. Тревого І.С. Геодезичні прилади, Львів, 2009
7. Шилов Ф.Е., Каменская Л.П. Лабораторный и полевой практикум по геодезии для строителей, М., СИ, 1970

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Передмова..... | 3 |
| Лекція 1. Геоінформаційні технології в геодезії (ГІС)..... | 4 |
| 1.1. Поняття про ГІС..... | 4 |
| 1.2. Цифрові карти..... | 5 |
| 1.3. Електронні карти..... | 7 |
| 1.4. Поняття про системи САПР..... | 8 |
| Лекція 2. Найновіші геодезичні прилади..... | 9 |
| 2.1. Кутомірні прилади..... | 9 |
| 2.2. Прилади вертикального проектування..... | 12 |
| 2.3. Прилади для лінійних вимірювань..... | 13 |
| 2.4. Прилади для призначення перевищень..... | 13 |
| Лекція 3. Супутникові методи вимірювань..... | 16 |
| 3.1. Поняття про системи супутникової навігації «GPS»..... | 16 |
| 3.2. Принцип визначення координат точок місцевості із використанням «GPS»..... | 17 |
| 3.3. Приймачі «GPS»..... | 18 |
| 3.4. Наземно-космічне топографічне знімання..... | 18 |
| Лабораторна робота № 1. Вертикальна прив'язка проекту будівлі до ділянки місцевості..... | 20 |
| Лабораторна робота № 2. Планове виконавче знімання колон будівлі..... | 23 |
| Лабораторна робота № 3. Висотне виконавче знімання опірних поверхонь колон будівлі..... | 26 |
| Лабораторна робота № 4. Відновлення осей при реконструкції будівлі..... | 28 |
| Література..... | 33 |
| Зміст..... | 34 |