

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Кафедра геодезії, картографії та кадастру

ОСНОВИ ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОДЕЗІЇ

Методичні вказівки

для практичних занять і самостійної роботи студентів спеціальності

193 – геодезія та землеустрій

Кононенко С.І., Шемякін М.В., Рудий Р.М. Інженерна геодезія. Методичні вказівки для практичних занять і самостійної роботи студентів спеціальності 193 – геодезія та землеустрій
Умань: Уманський НУС, 2021. 41

Рецензенти:

Балабак А.Ф. – доктор с.-г. наук, професор (Уманський НУС)

Прокопенко Е.В. – кандидат с.-г наук, доцент (Уманський НУС)

Розглянуто, затверджено та рекомендовано на засіданні методичної комісії факультету лісового та садово-паркового господарства
Протокол № 1 від 01 вересня 2021 р.

© Кононенко С. І.
Шемякін М.В.
Рудий Р.М., 2021

Зміст

	стор.
Вступ	4
I. Тематика практичних занять	5
II. Методичні рекомендації із проведення практичних занять	6-39
ПР-1. Рішення задач на топографічному плані	6-11
ПР-2. Вимірювання кутів в полігонометрії 1-2 розрядів	12-13
ПР-3. Розрахунок запасів палива геодезичними вимірюваннями по результатах тахеометричного знімання бурта	14-20
ПР-4. Камеральне трасування лінійної споруди	21-24
ПР-5. Побудова профілю по результатах камерального трасування	25-28
ПР-6. Вертикальне планування горизонтальної ділянки по нульовому балансу земляних мас	29-32
ПР-7. Вертикальне планування похилої ділянки по заданих ухилах	33-35
ПР-8. Визначення кренів споруд геодезичними способами	36-39
III. Розподіл балів, які отримують студенти	40
IV. Список використаних джерел	41

ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни "Інженерна геодезія" є набуття студентами вмінь та навичок щодо самостійної роботи з топографічними картами і планами під час інженерно-геодезичних робіт із застосуванням сучасних технологій у проектуванні, будівництві та експлуатації інженерних споруд.

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни "Інженерна геодезія" є теоретична та практична підготовка студентів з питань:

- використання та оновлення топографічної основи для проектування будівельних мереж та споруд;
- кутових, лінійних вимірів та нівелювання геодезичними приладами;
- розв'язання інженерно-геодезичних задач під час проектування, будівництва, експлуатації та реконструкції будівельних об'єктів та систем.

По факту вивчення дисципліни студенти повинні

знати: державні будівельні норми, системи координат, топографічні карти і плани, будову геодезичних приладів, топографічні знімання, їх особливості використання в будівництві, геодезичні мережі, вимоги до вирішення інженерно-геодезичних завдань під час будівництва й експлуатації промислових та цивільних споруд, правила техніки безпеки і охорони праці під час геодезичних робіт;

вміти: знімати земну поверхню для отримання планової та висотної топографічної основи означеної території; виконувати камеральну обробку для коригування топографічного плану; використовуючи топографічну зйомку місцевості та відповідні інструкції, отримувати необхідні дані для розробки проекту будівництва; керуючись нормативними матеріалами та генпланом населеного пункту, опрацьовувати інженерні заходи для поліпшення природних умов, проектування будівельних об'єктів; розпланувати території; використовуючи геодезичні прилади і проектну документацію, виконувати розмічальні геодезичні роботи на об'єкті будівництва; встановлювати відповідність планового і висотного положення зведеного будівельного об'єкта проектній документації, у тому числі прихованих робіт.

I. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<i>Змістовий модуль 1.1. Загальні відомості про геодезію.</i>		
1	ПР-1 Рішення задач на топографічному плані	4
<i>Змістовий модуль 1.2. Геодезичні вимірювання та оцінка їх точності</i>		
2	ПР-2 Вимірювання кутів в полігонометрії 1-2 розрядів.	4
<i>Змістовий модуль 2.1. Топографічні зйомки</i>		
3	Розрахунок запасів палива геодезичними вимірюваннями по результатах тахеометричного знімання бурта	6
<i>Змістовий модуль 2.2. Інженерно-геодезичні роботи</i>		
4	Камеральне трасування лінійної споруди.	2
5	Побудова поздовжнього профілю траси	4
6	Вертикальне планування горизонтального майданчика.	4
7	Вертикальне планування похилого майданчика	4
8	Визначення кренів споруд геодезичними способами	6
<i>Разом</i>		34

II. Методичні рекомендації із проведення практичних занять

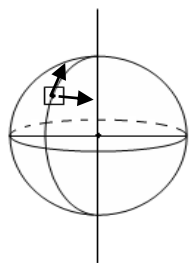
Практична робота №1

Рішення задач на топографічному плані

Теоретична частина:

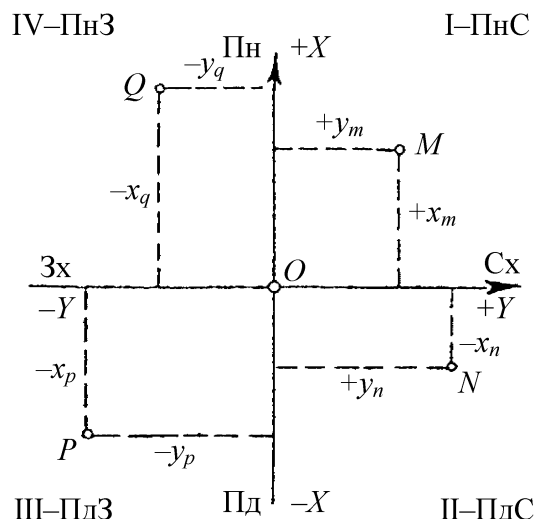
1. Системи прямокутних координат.

У практиці інженерної геодезії положення точок часто визначають у декартовій системі плоских прямокутних координат. У цій системі площина координат співпадає з площиною горизонту в даній точці O , яка є початком координат. Вісь абсцис X розташовують паралельно осьовому меридіану даної зони з додатнім напрямом з півдня на північ, вісь ординат Y – з додатнім напрямом із заходу на схід. Осі координат ділять систему координат на чотири чверті, які мають назви, відповідні сторонам світу, і нумеруються, на відміну від математики, за годинниковою стрілкою від північно-східної чверті: I-ПнС, II-ПдС, III-ПдЗ, IV-ПнЗ. Положення точок M , N , P , Q на площині визначається координатами X і Y із знаком «+» або «-», залежними від чверті, в якій розташована дана точка. У тих випадках, коли невелика ділянка рівенної поверхні можна вважати горизонтальною площиною ($\sim 20 \times 20$ км²), що проходить через дану точку, може застосовуватися місцева система координат.



Напрямок осі X установлюють уздовж меридіана даної точки, направляють на північ. Вісь Y перпендикулярна осі X . У місцевій умовній системі координат початок, і напрям осей може вибиратися довільно.

Наприклад, у будівництві за вісь абсцис приймають напрям однієї з головних осей споруджуваного об'єкта.



2. Система висот.

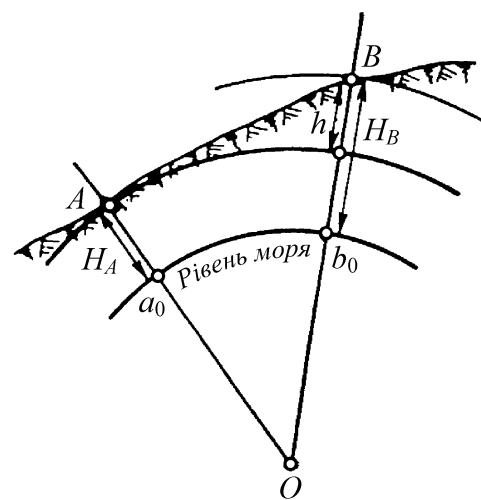
Кутові (широта і довгота) або плоскі прямокутні (X і Y) координати точок називаються плановими і визначають положення цих точок на основній рівенній поверхні, прийнятій за відлікову. Для визначення просторового положення точок фізичної поверхні Землі необхідно знати третю координату – відстань їх від рівенної поверхні. Відстані точок A і B земної поверхні по прямовисній лінії до відлікової рівенної поверхні називаються їх висотами і позначаються HA і HB (рис. 10).

У країнах СНД за початок відліку висот прийнята рівенна поверхня, яка співпадає з середнім рівнем Балтійського моря, тому систему висот називають *Балтійською*.

Висоти, що визначаються відносно рівня Балтійського моря, є *абсолютними*. Якщо за початок відліку приймають довільну рівенну поверхню, то висоти називаються *відносними*. Наприклад, при проектуванні і будівництві будівель і споруд відлік іде відносно рівня чистої підлоги першого поверху житлового будинку або підлоги цеху промислового підприємства – так званого *будівельного нуля*.

Різницю висот двох точок називають *перевищенням* h , тобто $h = HB - HA$. У залежності від величин HB і HA перевищення може бути як зі знаком «+», так і зі знаком «-».

Числові значення висот точок називаються *позначками* (відмітками). Якщо точка розташована вище рівенної поверхні, то її відмітка має знак «+», а якщо нижче, то – знак «-». І в цьому випадку відстані до точок називають *глибинами*.



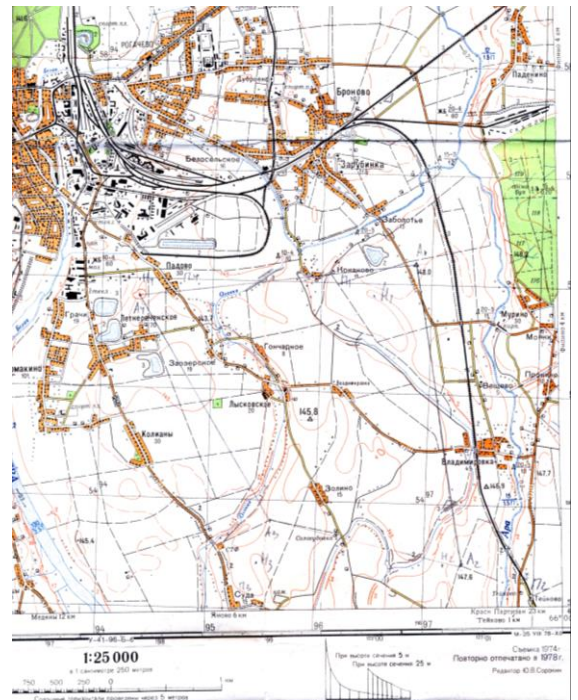
3. Поняття про план, карту та профіль.

Основними геодезичними графічними документами, що застосовуються в інженерній геодезії є карти, плани, профілі.

Карта - це подібне, зменшене, побудоване за певними математичними законами зображення значного ділянки земної поверхні на горизонтальній площині, при цьому необхідно враховувати сферичність землі, тому в зображенні виникають спотворення і в різних частинах карти масштаб різний.

Встановлений для даної карти масштаб називається головним - це середній масштаб креслення він строго виконується тільки уздовж деяких меридіанів і паралелей. В інших частинах масштаб відрізняється від головного і називається приватним.

План - подібне зменшене зображення невеликої ділянки земної поверхні (не більше ніж 20x20 км) на горизонтальній площині, при цьому сферичністю землі можна знехтувати. Спотворення в зображенні відсутні, і масштаб відображається постійний.



Основна відмінність карти і плани: на плані масштаб постійний, а на карті ні.

Карті і плани діляться на контурні і топографічні.

Основні вимоги, що пред'являються до карт і планів

1. Можлива повнота, що не утрудняє читання карт і планів.
2. Точність зображення ситуацій та рельєфів відповідно до масштабу (чим більше масштаб, тим більше точно і повно відбивається ситуації і рельєф).

Профіль - зображення рельєфу земної поверхні і земляного полотна у вертикальній площині, що проходить по осі лінійного об'єкту. Розрізняють докладні, скорочені, стислі і перебільшені, а

також так звані писаний профілі. Докладний профіль є основним документом проекту спорудження лінії, викреслюється в масштабі 100 м в 1 см для горизонтальних відстаней і 10 м в 1 см - для вертикальних.

На профілі вказуються лінія землі, а також бровки земляного полотна, кілометри, пікети, чорні і червоні позначки, величини поздовжніх ухилів земляного полотна, висота насипів і глибина виїмок, штучні споруди, осі станцій, переїзди, схематичний план ліній, осі колійних будівель, рід ґрунтів та інші дані, необхідні для відновлення лінії і виробництва робіт. По відношенню до траси (осі споруди) профілі бувають поздовжнім і поперечним.

4. Масштаби топографічних планів і карт.

Масштаб - відношення довжини відрізка на карті або плані до відповідної горизонтальної проекції цього відрізка на місцевості. Масштаби бувають чисельні і графічні. Чисельний масштаб це дріб, у чисельнику якого завжди одиниця, а в знаменнику число показує ступінь зменшення при зображенні предмета на планах (кресленнях). Приклад: 1: 25000, тобто в 1 см 250 м - іменованій.

Графічний масштаб, ділиться на лінійний, поперечний, клиновий.

Графічна точність масштабу - це довжина відрізка на місцевості відповідна 0,2 мм для плану (карти) даного масштабу, наприклад:

Масштаб 1: 25000

в 0,2 мм 5 м

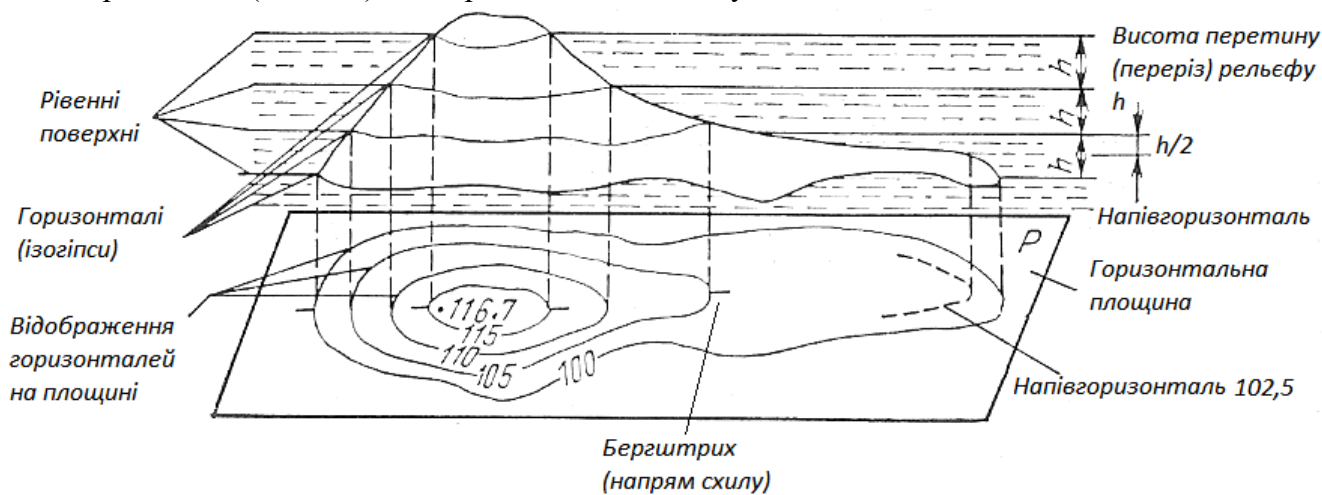
$m = 5m$



5. Зображення рельєфу, вирішення інженерних задач на планах і картах за горизонталями

Рельєф – це сукупність нерівностей земної поверхні. Рельєф на кресленнях може бути зображений кольором, відмітками, штрихами і горизонталями. У геодезії використовується метод горизонталей.

Горизонталь (ізогіпса) - це крива лінія, що з'єднує точки з однаковими відмітками.



Властивості горизонталей:

1. Всі точки лежать на одній горизонталі мають однакову позначку
2. Горизонталі з різними позначками не перетинаються
3. Чим крутіше схил, тим менше відстань між горизонталями

Відмітки горизонталей підписують в їх розриві так, щоб нижня частина цифри була звернена в бік зниження схилу, для визначення напрямку схилу використовуються бергштрихи. Кожна п'ята горизонталь проводиться потовщеною лінією.

Висотою перетину (перерізу) рельєфу (h) - називають різницю відміток сусідніх горизонталей - це постійна величина для даного креслення.

Горизонтальна відстань між сусідніми горизонталями - закладення ската (d).

Ухил (i) - це tg кута нахилу місцевості v або відношення різниці висот точок до горизонтального відстані між ними.

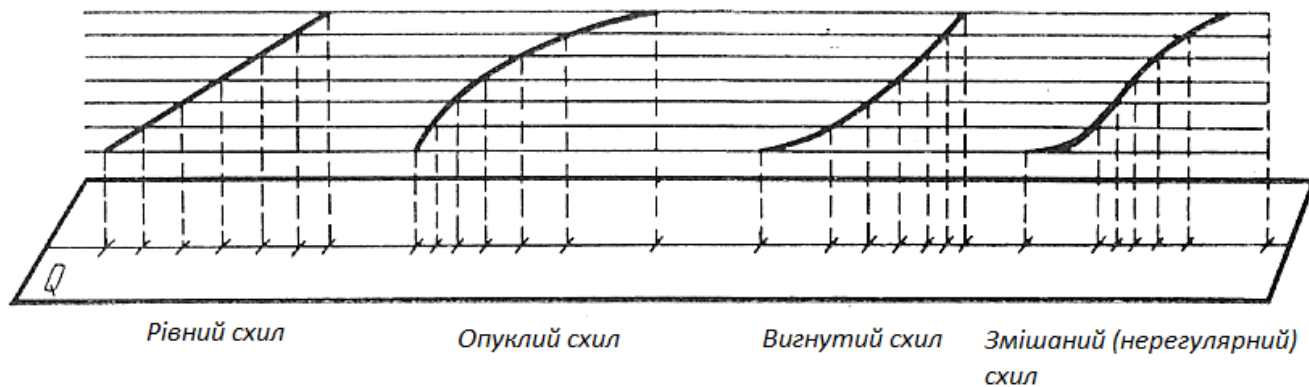
$$i = \text{tg } v = \frac{h}{d}$$

Ухили виражаються або у відсотках (100 частках), або у проміле (тисячних) ($\%$, ‰ відповідно).

Приклад:

$$0,025 = 2,5\% = 25 \text{ ‰}$$

Всі форми рельєфу утворюються з поєднання похилих поверхонь - схилів, які поділяються на рівні, опуклі, вигнуті і змішані. По формі схилу можна робити висновки про форму рельєфу.



На малюнку видно, що горизонталі, що зображують рівний схил розташовуються на однаковій відстані одна від одної. При опуклому схилі відстані між горизонталями біля підніжжя

менше, ніж у вершини. При увігнутому схилі горизонталі біля підніжжя відстоять один від одного на більшій відстані, ніж у вершин. Отже, за характером горизонталей на топографічній карті або плані можна встановити форму скатів.

До елементів рельєфу відносяться скати, які за формою можуть бути рівними, опуклими, увігнутими і змішаними (що складаються з поєднань перших трьох). Лінії, по яких змінюється крутизна схилу, називається перегинами.

До різновидів форм рельєфу відносять тераси (пологі майданчика на схилі гори), промоїни на схилах утворилися в результаті водної ерозії, обриви і ін

Рішення задач на плані.

Варіанти завдань

Варіант	Лінія	Варіант	Лінія	Варіант	Лінія	Варіант	Лінія	Варіант	Лінія
1	АБ	4	АД	7	БД	10	ВА	13	ГА
2	АВ	5	БГ	8	ВД	11	ДГ	14	ДБ
3	АГ	6	ГА	9	ВГ	12	ДА	15	ГБ

Хід роботи:

1. Визначте масштаб фрагменту плану. Для визначення масштабу проміряйте довжину магазину по вул. Шевченка ($l_{\text{маг}}$). Обчисліть знаменник масштабу M , якщо довжина магазину на місцевості складає $L_{\text{маг}}=23$ м.

$$M = \frac{L_{\text{маг}}}{l_{\text{маг}}}$$

де M – знаменник чисельного масштабу;
 l – довжина лінії на плані;
 L – довжина тієї ж лінії на місцевості.

Пам'ятайте, що знаменник масштабу для топографічного плану – КРУГЛЕ ЦІЛЕ ЧИСЛО!!! Для його визначання, відстані на плані і на місцевості необхідно привести до одного вимірника.

2. Підпишіть значення масштабу під планом.

3. Оберіть лінію по Вашому варіанту, та визначте довжину Вашої лінії

$$L_{AB} = l_{AB} \cdot M$$

де l_{AB} – довжина лінії на плані, виміряйте з точністю до 1мм;
 M – знаменник масштабу.

3. Визначте дирекційний кут і румб Вашої лінії.

Дирекційним кутом α називається кут відрахований від північного напрямку осьового меридіана (або лінії, паралельної йому) по ходу годинникової стрілки до даного напрямку (лінії АВ).

Пам'ятайте, що прямиий α_{AB} і обернений α_{BA} дирекційні кути відрізняються на 180° .

$$\alpha_{AB} = \alpha_{BA} \pm 180^\circ$$

Румбом (r) називається гострий кут, відрахований від напрямку меридіана до даної лінії.

Взаємозв'язок між дирекційним кутом і румбом описується формулами:

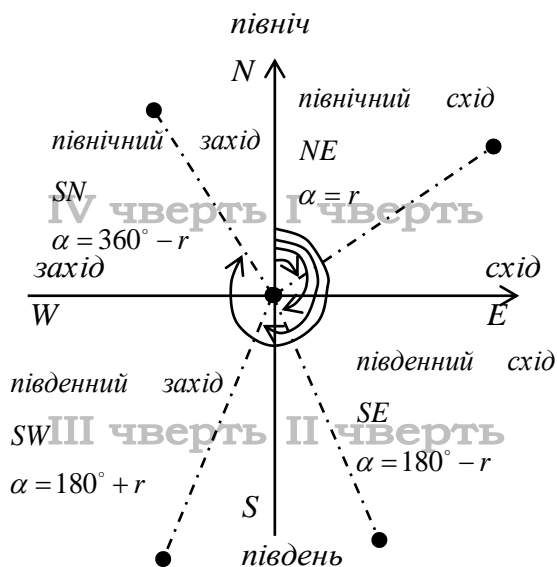
$$I \text{ чверть} \quad \alpha = r$$

$$II \text{ чверть} \quad \alpha = 180 - r$$

$$III \text{ чверть} \quad \alpha = 180 + r$$

$$IV \text{ чверть} \quad \alpha = 360 - r$$

4. Визначте пласкі прямокутні координати точок – кінців Вашої лінії



$$X_A = X_c + \Delta X;$$

$$Y_A = Y_c + \Delta Y.$$

де - X_c, Y_c - координати лівого нижнього (південно-західного) хреста координатної сітки, ΔX і ΔY - прирости координат, які дорівнюють довжині перпендикулярів, опущених з точки

Варіант	Координати (м)		Варіант	Координати (м)		Варіант	Координати (м)	
	X	Y		X	Y		X	Y
1	5618000	4215000	6	7215000	3618000	11	4869000	2684000
2	6114000	3872000	7	6872000	4114000	12	5335000	3317000
3	7005000	3953000	8	5953000	4005000	13	6200000	4568000
4	8598000	4068000	9	8068000	3798000	14	7691000	5724000
5	4933000	3574000	10	4574000	3933000	15	8088000	6101000

А на західну і південні координатні лінії, що утворюють квадрат координатної сітки, (виміряйте лінійкою з урахуванням масштабу плану).

Координати лівого нижнього (південно-західного) хреста координатної сітки

5. Визначте висоту перетину рельєфу доданого плану.

$$h = \frac{H_2 - H_1}{n};$$

де - H_2, H_1 - відмітки підписаних горизонталей;

n - кількість інтервалів між підписаними горизонталями

Перетин рельєфу можна також визначити за відмітками точок, нанесених на план.

6. Визначте висоти кінців Вашої лінії. Для визначення висоти точки по горизонталям, визначте (проміряйте, або «на око») відстань між горизонталями, між якими лежить точка (закладення) d . Визначте відстань від точки до меншої (нижчої) горизонталі d_A .

Висота (відмітка) точки може бути обчислена за формулою

$$H = H_{\Gamma} + \frac{d_A}{d} \cdot h;$$

де H_{Γ} - відмітка нижчої (меншої) горизонталі, між якими розташована точка;

d_A - найкоротша відстань від точки до молодшої горизонталі;

d - закладення, або відстань між горизонталями;

h - перетин рельєфу.

На прикладі: перетин рельєфу $h=1$ м, точка А лежить між горизонталями 251 і 252 м

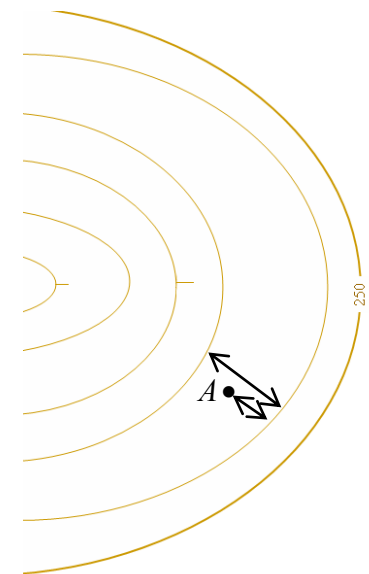
висота меншої горизонталі $H_{\Gamma}=251$,

закладення, $d=12$ мм.

відстань від точки до меншої горизонталі $d_A=7$ мм

$H_A=251,6$ м.

$$7/12=0,583 \approx 0,6$$



7. Визначте перевищення по Вашій лінії

$$h_{AB} = H_B - H_A$$

Пам'ятайте, що перевищення h_{AB} може бути додатнім і від'ємним. Пряме h_{AB} і обернене h_{BA}

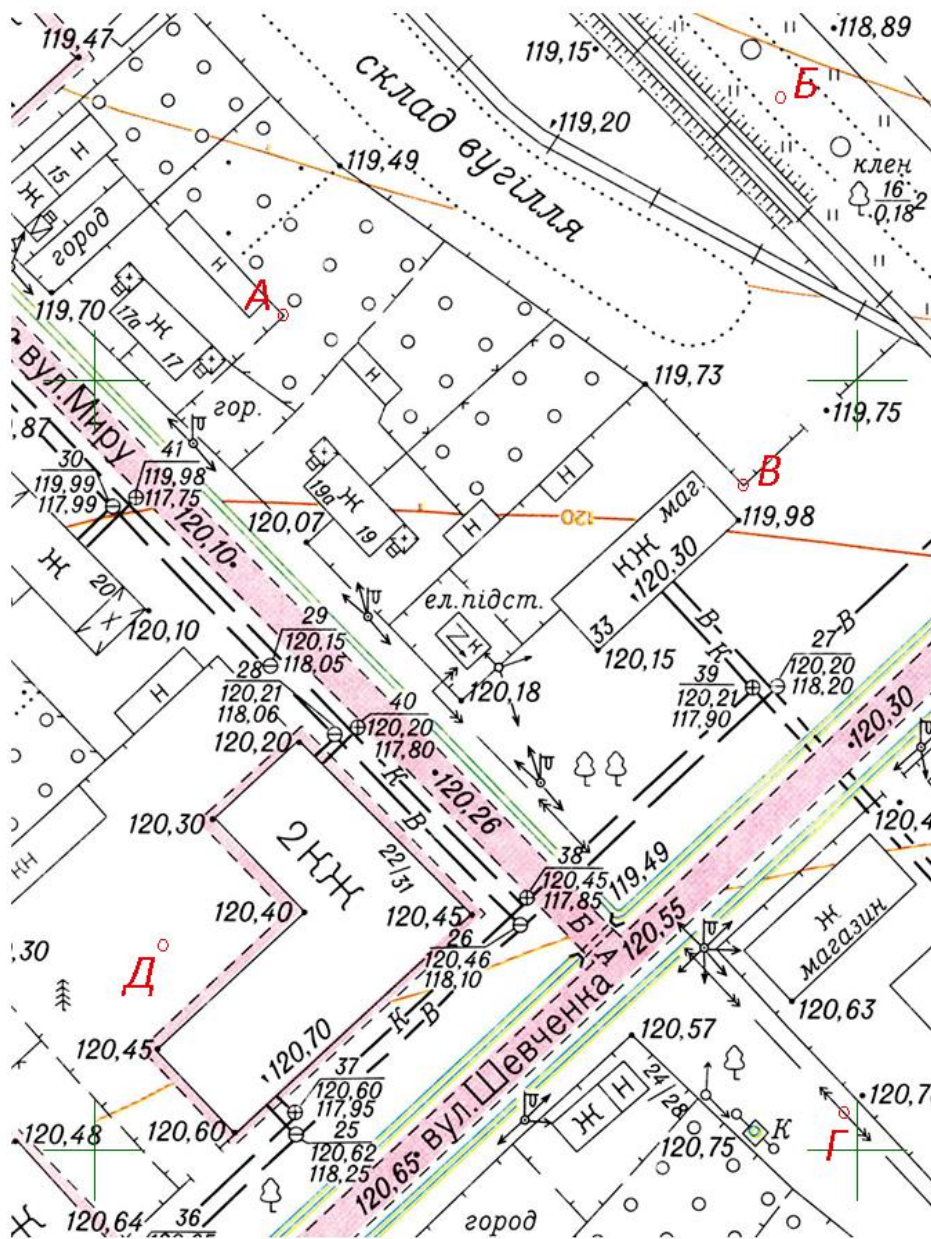
перевищення рівні по величині і протилежні за знаком. Якщо кінець лінії лежить вище, ніж її початок, перевищення є додатнім $h_{AB}>0$.

8. Визначте ухил лінії

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{L}$$

Значення ухилу надайте в тисячних (промиле).

Топографічний план



Масштаб _____

Величина, позначення, вимірник	Значення
Знаменник масштабу плану, M	
Довжина відрізка на плані, l_{AB} , (мм)	
Довжина відрізка на місцевості, L_{AB} , (м)	
Дирекційний кут лінії, α_{AB} , ($^\circ$)	
Румб лінії, r_{AB} , ($^\circ$)	
Перша точка X , (м)	
Y , (м)	
Друга точка X , (м)	
Y , (м)	
Перетин рельєфу на плані h , (м)	
Висота початкової точки H_A , (м)	
Висота кінцевої точки H_B , (м)	
Пряме перевищення по лінії h_{AB} , (м)	
Ухил лінії i_{AB} (‰)	

Питання щодо перевірки рівня засвоєння теоретичного матеріалу:

1. Що називається планом і картою?
2. Що називається дирекційним кутом лінії?
3. Що розуміють під висотою переріза (перетином) рельєфу?
4. Що таке горизонталь?
5. Що називається румбом?
6. Що називається абсцисою та ординатою точки?
7. Що таке висота точки?
8. Чи може бути перевищення від'ємним, і коли?
9. Що таке ухил лінії?
10. Чи може ухил бути від'ємним, і коли?

Висновки: _____

Практична робота №2
Вимірювання кутів в полігонометрії 1-2 розрядів
Теоретична частина.

При вимірюванні кутів теодолітом Т-2 зчитування відліку по оптичному мікрометру здійснюється двічі. Після першого суміщення зображень штрихів лімбу і взяття відліку a_1 , штрихи розводяться барабаном мікрометра і суміщення проводиться знову. Відлік a_2 записується у випадку, коли різниця a_1 і a_2 не перебільшує $8''$.

Вимірювання кута способом прийомів. При вимірюваннях способом окремого кута алідаду обертають тільки за ходом годинникової стрілки або тільки проти ходу годинникової стрілки. Прийом складається із двох напівприймів. *Перший напівприйом* виконують при положенні вертикального круга ліворуч зорової труби (КЛ). Наводять зорову трубу на першу візирну мітку. Після того як спостережуваний знак потрапив у поле зору труби, затискають закріпний гвинт алідади і зорової труби й, діючи навідними гвинтами алідади й труби, наводять центр сітки ниток на зображення знаку й беруть першу пару відліків по горизонтальному кругу. Потім, відкріпивши трубу й алідаду, наводять трубу на другу візирну мітку й беруть другу пару відліків. Різниця першого й другого відліків дає величину вимірюваного кута. Якщо перший відлік виявився менше другого, то до нього додають 360° .

Другий напівприйом виконують при положенні вертикального кола праворуч (КП), для чого переводять трубу через зеніт. Потім вимірювання виконують у тій же послідовності, як у першому напівприйомі.

Значення подвійної колімації $2c$ обчислюється із середніх відліків по мікрометру, взятих при КЛ і КП за формулою $2c = \text{КЛ} - \text{КП}$. Коливання подвійної колімації не повинне перебільшувати $8''$.

Середнє значення обчислюється по середніх відліках по мікрометру, взятих при КЛ і КП за формулою $\frac{L + P}{2}$. Якщо результати вимірювання кута в напівприйомах різняться не більше $8''$, обчислюють середнє, котре й приймають за остаточний результат.

Журнал вимірювання кутів способом прийомів (Спосіб Гауса).

Дата _____ t=_____ Погода _____ Вітер _____
 Час _____ Видимість _____ Зображення _____

Точка стояння	Точка візування	Круг	Відліки				$\frac{a_1 + a_2}{2}$	2c	$\frac{L+P}{2}$	Значення кута
			по лімбу		по мікрометру					
			°	'	a_1	a_2				
	Л	Л								
		П								
	П	Л								
		П								
	Л	Л								
		П								
	П	Л								
		П								
	Л									
	П									
	Л									
	П									

Вимірювання способом кругових прийомів виконують для декількох напрямків, що мають спільну вершину. Один з напрямків приймають за початковий. По черзі, по ходу годинникової стрілки, при КЛ наводять трубу на всі візирні цілі й беруть відліки. Останнє наведення знову роблять на початковий напрямок. Потім, перевіривши трубу через зеніт при КП, знову спостерігають всі напрямки, але у зворотному порядку – проти годинникової стрілки. З відліків при КЛ і КП знаходять середні й віднімають із них середнє значення початкового напрямку.

Кількість прийомів залежить від розряду полігонометрії і точності приладу, що застосовується. При переході від одного прийому до іншого лімба переставляється на кут $\frac{180^0}{n} + \sigma$, де $\sigma = 10'$, n – необхідна кількість прийомів.

Після закінчення прийому проводять контрольні обчислення і приведення значень напрямків до нуля.

Визначають незамкнення горизонту по КЛ (Δ_L) і КП (Δ_{II}), які не повинні перебільшувати $8''$. З них обчислюють середнє значення ($\Delta_{сер}$). Поправки v у значення напрямків визначають з накопиченням за формулою $v = -\frac{\Delta_{сер}}{n-1}$, де n – кількість вимірних напрямків. У початковий напрямок поправка не вводиться.

Напрямки приводяться до нуля послідовним відніманням значення початкового напрямку із всіх інших напрямків. Розходження між значеннями напрямків, визначеними із різних прийомів не повинне перебільшувати $8''$.

Журнал вимірювання кутів способом кругових прийомів (Спосіб Струве).

Дата _____ t= _____ Погода _____ Вітер _____ Час _____ Видимість _____

Зображення _____ Точка стояння _____ Прийом _____

Напрямок	Круг	Відліки				$\frac{a_1 + a_2}{2}$	2с	$\frac{L+II}{2}$	Значення напрямку	Приведені напрямки
		по лімбу		по мікрометру						
		°	'	a_1	a_2					
	Л									
	П									
	Л									
	П									
	Л									
	П									
	Л									
	П									

Контрольні обчислення

$$\Delta_L =$$

$$\Delta_{II} =$$

$$\Delta_{сер} =$$

$$v = \frac{\Delta_{сер}}{n} =$$

Практична робота 3
Розрахунок запасів палива геодезичними вимірюваннями по результатах
тахеометричного знімання бурта
Теоретична частина

Точні вимірювання об'ємів сипучих матеріалів - це невід'ємна частина роботи гірничорудних комбінатів, шахт, енергетичних, хімічних виробництв, різних транспортних компаній і підприємств агропромислового комплексу. Необхідна точність визначення обсягів значно залежить від вартості одиниці об'єму даного матеріалу або товару і може варіюватися від одиниць аж до частки відсотків від загального об'єму матеріалів. Чим дорожче матеріал, тим з більшою точністю потрібно обчислити його кількість.

Допустима відносна погрішність визначення об'ємів запасів палива складає:

	Об'єми відвалу, тис. м ³			
	до 20	20 - 50	50 - 200	більше 200
Допустима відносна погрішність визначення об'ємів запасів палива, %	8	5	3	2

Точні виміри обсягів сипучих матеріалів складні. Це викликано тим, що сипучі матеріали при складуванні у відвалі (бурті) можуть прийняти різну форму. В енергетиці сипуча сировина (вугілля) становить головну частину витрат підприємств і для ефективного її розподілу необхідно контролювати обсяг (запас) вугілля на складах.

Визначення обсягу запасів корисних копалин у відвалах (буртах) проводять:

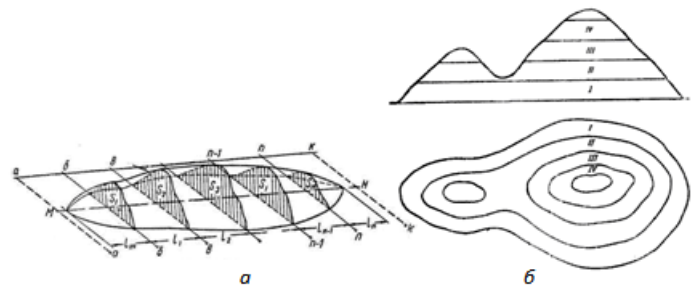
- а) тахеометричною або мензульною зйомкою;
- б) способом профілів (вертикальних або горизонтальних перетинів);
- в) рулетковими вимірюваннями;
- г) лазерним скануванням;
- д) супутниковими вимірюваннями.

При зйомці значних по площі відвалів, що мають складну форму, застосовують тахеометричну або мензульну зйомку його поверхні. Результати зйомки наносять на план в масштабі 1: 2000. По різниці висотних відміток пікетних точок поверхні відвалу і його основи визначають висоти відвалу. По точках з відмітками висот будують ізолінії висот відвалу. Гранична відстань між пікетами при тахеометричному зніманні відвалу не повинна перебільшувати 60 м. Середня площа, яка припадає на одну пікетну точку при складній формі відвалів, не повинна перевищувати 20 м². При зйомці в якості опорних пунктів використовуються тимчасові або постійні точки, які закладаються на майданчику складу і на поверхні відвалів або на естакадах і на інших спорудах, розташованих, на складі. Координати точок, які закладаються на майданчику складу і поблизу її, визначаються полігонометрії I розряду, а позначки геометричним нівелюванням.

Координати точок на поверхні відвалу визначаються полярною засічкою з точок ходу. Запис польових спостережень і абрис зйомки ведуться в спеціальній польовий книжці. Результати зйомки наносять на план майданчика складу в вигляді контурів і горизонталей поверхні відвалів. Перетин горизонталей приймається в залежності від складності поверхні і висоти відвалів:

- $h = 0,25$ або $0,50$ м (при середній висоті відвалу $H < 3$ м)
- $h = 0,50$ або $1,00$ м (при середній висоті відвалу $H > 3$ м).

Об'єм відвалів визначають аналітично (за формулою трапеції по вертикальних (а) або горизонтальних (б) паралельних перетинах), або механічно (за допомогою планіметра) чи графічно (за допомогою об'ємної палетки).



Постановка задачі:

На вугільному складі ТЕС - горизонтальному майданчику, зберігається вугільний бурт складної форми. Провести тахеометричне знімання і визначити масу вугілля що зберігається. Зробити висновок про достатність/недостатність запасів вугілля на 1 місяць роботи ТЕС

Хід роботи:

1. **Визначення вихідних даних.** На горизонтальному складському майданчику у опори воріт закріплені пункти полігонометрії 1 розряду з координатами X та Y, де N,n – номер варіанта (наприклад 7,7 м для варіанта N7).

Пункти полігонометрії 1 розряду	X (м)	Y (м)	Проміри l_i , (м)
пп1	5145,517-N,n	5657,319-N,n	10,685
пп2	5146,804-N,n	5662,511-N,n	7,486

2. Розрахунок положення точки, визначеного лінійною засічкою.

Визначити положення початкової точки полігонометричного ходу тх1 лінійною засічкою, якщо відомі проміри від відповідних пунктів l_1 та l_2 .

2.1. Через рішення ОГЗ по координатах твердих пунктів знайти горизонтальне прокладення лінії S_{1-2} та дирекційні кути α_{1-2} і α_{2-1} твердого напрямку.

2.2. По теоремі косинусів знайти кути А і В трикутника

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos \alpha \quad \cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} \quad \cos \beta = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}$$

2.3. Через знайдені кути А і В та дирекційні кути твердої лінії α_{1-2} і α_{2-1} знайти дирекційні кути напрямків від твердих пунктів на точку тх1 α_{1-mx1} і α_{2-mx1} .

2.4. Через рішення ПГЗ двічі знайти координати точки тх1, проконтролювати точність обчислень ($f_{abc} < 3$ мм). Визначити середнє значення координат точки тх1.

3. Обчислення відомості полігонометричного ходу.

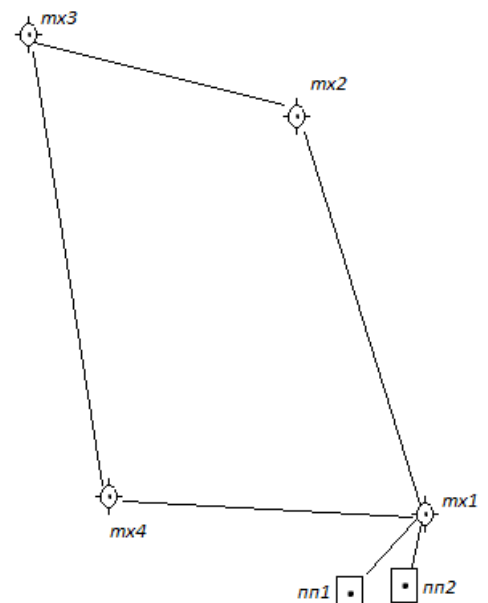
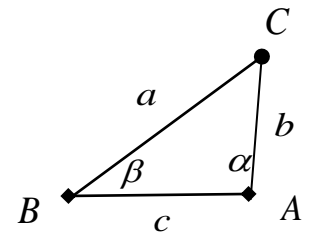
Визначити координати точок замкненого полігонометричного ходу по результатах польових робіт. Оцінити точність польових робіт і обчислень.

3.1. Результати польових робіт дані у таблицях.

Увага! Відв'язка ходу проводилася від пп2, а прив'язка – до пп1 згідно схеми. Координати і значення дирекційних кутів опори виберіть із рішення ОГЗ!

Виміряні кути β_i ° ' "			
пп2			
тх1	165	34	06
тх2	98	13	09
тх3	80	14	45
тх4	100	07	53
тх1	303	34	04
пп1			

Виміряні лінії d_i , м	
тх1- тх2	440,509
тх2- тх3	313,267
тх3- тх4	440,382
тх4- тх1	301,700



3.2. Розрахуйте практичну суму виміряних горизонтальних кутів

$$\sum \beta_{np} = \sum_{i=1}^n \beta_i$$

3.3. Розрахуйте теоретичну суму виміряних горизонтальних кутів

$$\sum \beta_{теор} = 0$$

3.4. Розрахуйте кутові нев'язки полігонометричного ходу $f_{\beta} = \sum \beta_{np} - \sum \beta_{теор}$

3.5. Кутова нев'язка порівнюється із допустимим значенням: $f_{\beta_{доп}} = 10'' \sqrt{n} - 1$ розряд;

3.6. Розрахуйте значення виправлених кутів $\beta_{випр} = \beta_i - \frac{f_{\beta}}{n}$

3.7. Розрахуйте дирекційні кути сторін: $\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_i \pm 180^{\circ}$ – ліві кути;

3.8. Розрахуйте приростки координат: $\Delta X_i = d_i \cdot \cos \alpha_i$ $\Delta Y_i = d_i \cdot \sin \alpha_i$;

3.9. Визначити практичну суму приростків. $\sum \Delta X_{np} = \sum_{i=1}^n X_i$ $\sum \Delta Y_{np} = \sum_{i=1}^n Y_i$

3.10. Визначити теоретичну суму приростків: $\sum \Delta X_{теор} = \sum \Delta Y_{теор} = 0$

3.11. Обчислити нев'язки в приростках координат: $f_{\Delta X} = \sum_{i=1}^n \Delta X_i$ $f_{\Delta Y} = \sum_{i=1}^n \Delta Y_i$

3.12. Проведіть оцінку точності прокладення ходу. Абсолютна нев'язка визначається по формулі: $f_{abc} = \sqrt{f_{\Delta X}^2 + f_{\Delta Y}^2}$.

3.13. Розрахуйте відносну нев'язку ходу $\frac{1}{T} = \frac{f_s}{P} = \frac{1}{P:f_s}$ порівнюють із граничним (нормованим) значенням: 1:10000 для 1 розряду;

3.14. Розрахуйте виправлені приростки координат по формулах: $\Delta X_{випр_i} = \Delta X_i - \frac{f_{\Delta X}}{P} d_i$,

$$\Delta Y_{випр_i} = \Delta Y_i - \frac{f_{\Delta Y}}{P} d_i$$

3.15. Обчисліть робочі координати: $X_i = X_{i-1} + \Delta X_{випр_i}$ $Y_i = Y_{i-1} + \Delta Y_{випр_i}$

4. Графічне оформлення результатів основних польових робіт.

4.1. На аркуші формату А-3 книжкової орієнтації, гостро відточеним олівцем за допомогою лінійки Дробишева нанесіть координатну сітку зі сторонами квадратів 10×10 см.

4.2. Лівий і нижній краї сітки оцифруйте у масштабі 1:2000 відповідно до отриманих Вами координат пунктів полігонометрії 1 розряду. Оцифрування проводьте так, щоб креслення знаходилося приблизно по середині аркушу.

4.3. Хрести перетину ліній координатної сітки позначте зеленим кольором лініями, довжиною 8 мм.

4.4. Внизу посередині аркушу, стандартним нахиленим наливним шрифтом, висотою 5 мм, один під одним створіть чотири написи:

1:2000

в одному сантиметрі – 20 метрів

Система висот місцева

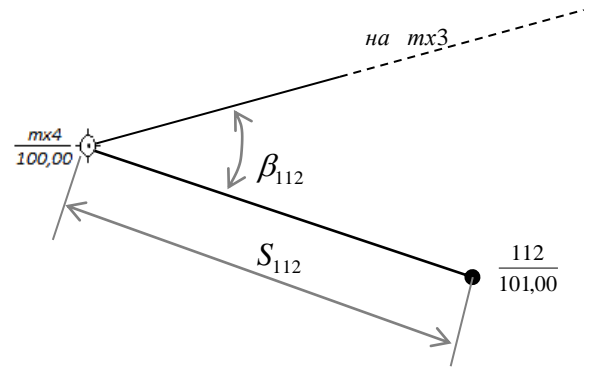
Суцільні горизонталі проведені через $h=0,5$ метра

4.5. Нанесіть по координатах тверді точки і точки полігонометричного ходу. Тверді точки позначте квадратом зі стороною 3 мм, точки ходу – відповідним знаком – колом, радіусом 3 мм із лініями, довжиною 1 мм. Нанесені точки підпишіть стандартним нахиленим наливним шрифтом висотою 7 мм: у чисельнику – номер точки, у знаменнику – висота (100м). $\frac{mk4}{100,00} \odot$

4.6. У лівому верхньому куті аркушу на вільному місці у межах сітки координат створити таблицю 4×7 із назвою **Каталог координат і висот опорних точок**, в яку занесіть номер/назву, координати (X, Y) і висоти (H) у метрах з точністю до трьох знаків після коми стандартним нахиленим шрифтом висотою 5 мм.

5. Створення плану бурта.

4.7. По вихідних даних – журналах тахеометричного знімання і абрису знімання створити план бурта вугілля у масштабі 1:2000. Положення пікетів визначалися полярною засічкою шляхом відкладання полярного кута β_i і полярної відстані S_i від точки ходу. В журналі полярний кут – відліки по горизонтальному колу, (ГК) дані з точністю до десятих хвилини. Відліки по вертикальному колу не дані – тахеометр виміряє висоту точки H_i значення яких дане до сантиметрів. Горизонтальні прокладення S_i дані з точністю до сантиметрів.



4.8. Пікетами називаються точки, в яких проводилося вимірювання. Висотні пікети відбивають координати і висоту точки. Ситуаційні ще й описують тип контуру або об'єкта місцевості. Для опису ситуації використовуються журнали тахеометричного знімання і абриси.

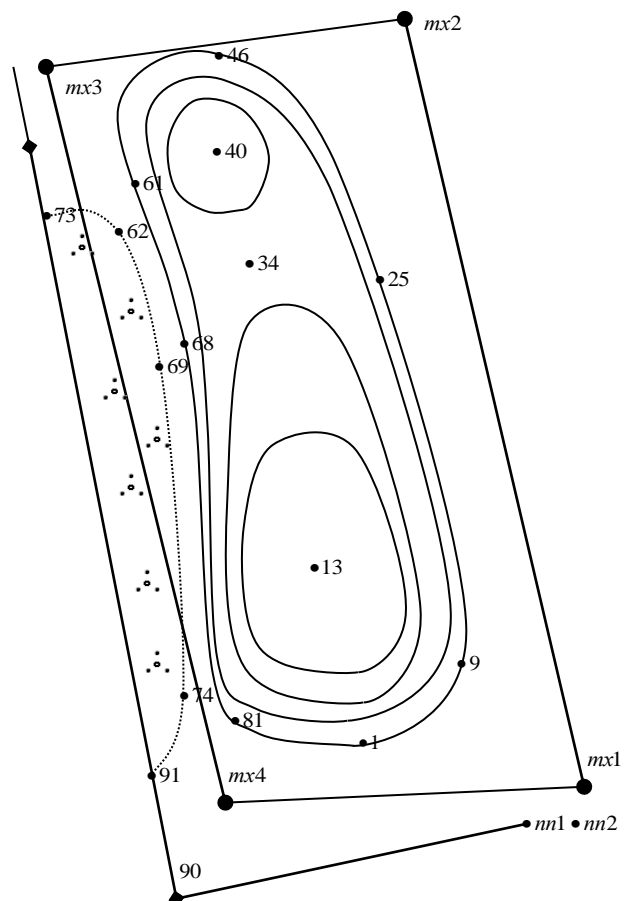
Журнал тахеометричного знімання на станції тх1 і=ν Нст= 100,000					
N пк	ГК		S м	H м	Назва
	°	'			
пн1	0	00,0	10,69	100,00	орієнтування, паркан
1	62	16,1	177,12	100,00	низ бурта
2	66	53,1	158,16	100,00	низ бурта
3	67	56,5	180,42	102,00	вугілля
4	68	12,4	160,04	101,00	вугілля
5	68	33,5	180,89	101,00	вугілля
6	69	46,9	181,90	103,00	вугілля
7	72	11,0	184,17	104,00	вугілля
8	77	6,8	166,24	104,00	вугілля
9	78	55,7	140,00	100,00	низ бурта
10	79	42,9	145,30	101,00	вугілля
11	80	26,7	150,64	102,00	вугілля
12	80	29,0	159,58	103,00	вугілля
13	93	22,2	274,04	105,00	верх вугілля
14	96	01,2	146,15	101,00	вугілля
15	96	47,0	142,50	100,00	низ бурта
16	98	49,7	208,82	104,00	вугілля
17	101	38,6	199,04	103,00	вугілля
18	102	26,0	228,89	103,00	вугілля
19	104	16,7	191,07	102,00	вугілля
20	108	54,9	179,37	101,00	вугілля
21	109	42,1	177,64	100,00	низ бурта
22	112	45,1	260,95	102,00	вугілля
23	114	21,9	376,89	102,00	вугілля
24	116	35,3	425,46	103,00	вугілля
25	121	42,8	266,69	100,00	низ бурта

Журнал тахеометричного знімання на станції тх2 і=ν Нст= 100,000					
N пк	ГК		S м	H м	Назва
	°	'			
тх1	0	00,0	440,48	100,00	орієнтування
26	21	53,7	198,61	100,00	низ бурта
27	24	31,0	219,17	101,00	вугілля
28	31	03,9	320,16	104,00	вугілля
29	36	10,6	268,39	103,00	вугілля
30	39	55,1	109,57	100,00	низ бурта
31	43	01,1	222,96	102,00	вугілля
32	47	49,4	121,68	101,00	вугілля
33	48	37,1	257,54	101,00	вугілля
34	48	53,7	196,59	100,90	перешийок вугілля
35	57	24,3	87,89	100,00	низ бурта
36	58	23,7	147,86	102,00	вугілля
37	59	33,0	105,41	101,00	вугілля
38	65	13,3	137,21	102,00	вугілля
39	71	59,0	106,80	101,00	вугілля
40	74	05,5	160,34	103,00	верх вугілля
41	76	49,4	137,19	102,00	вугілля
42	80	05,4	89,75	100,00	низ бурта
43	81	22,9	157,61	102,00	вугілля
44	82	21,2	115,61	101,00	вугілля
45	87	07,6	154,15	101,00	вугілля
46	91	49,2	113,41	100,00	низ бурта
47	97	12,0	156,01	100,00	низ бурта

Журнал тахеометричного знімання на станції тх3 і=v Нст= 100,000					
N пк	ГК		S м	H м	Назва
	°	'			
тх2	0	00,0	313,30	100,00	орієнтування
48	1	00,6	157,35	100,00	низ бурта
49	2	15,4	120,45	100,00	низ бурта
50	14	00,1	126,81	101,00	вугілля
51	14	11,2	95,76	100,00	низ бурта
52	18	32,9	151,37	102,00	вугілля
53	23	15,3	119,15	101,00	вугілля
54	26	19,6	154,01	102,00	вугілля
55	31	20,2	125,20	101,00	вугілля
56	21	25,9	179,37	103,00	вугілля
57	34	28,9	168,31	102,00	вугілля
58	35	22,1	186,49	102,00	вугілля
59	38	54,0	152,58	101,00	вугілля
60	41	34,5	90,62	100,00	низ бурта
61	47	59,4	132,70	100,00	низ бурта
62	55	52,3	137,61	100,00	паркан, чагарник
63	57	03,6	234,29	101,00	вугілля
64	58	53,6	316,17	103,00	вугілля
65	59	51,5	277,90	102,00	вугілля
66	61	22,5	344,81	104,00	вугілля
67	65	32,3	323,52	103,00	вугілля
68	65	43,2	220,06	100,00	низ бурта
69	66	38,3	215,38	100,00	чагарник
70	67	29,1	321,26	102,00	вугілля
71	69	27,4	319,37	101,00	вугілля
72	74	25,3	309,18	100,00	низ бурта
73	103	30,1	76,50	100,00	чагарник

Журнал тахеометричного знімання на станції тх4 і=v Нст= 100,000					
N пк	ГК		S м	H м	Назва
	°	'			
тх3	0	00,0	440,34	100,00	орієнтування
74	12	00,6	137,18	100,00	чагарник
75	13	17,7	136,41	100,00	низ бурта
76	15	23,0	64,38	100,00	низ бурта
77	18	34,1	66,97	101,00	вугілля
78	25	16,5	140,02	101,00	вугілля
79	30	43,0	99,43	102,00	вугілля
80	39	03,8	109,32	103,00	вугілля
81	43	06,5	43,73	100,00	низ бурта
82	44	57,6	48,50	101,00	вугілля
83	45	54,5	121,12	104,00	вугілля
84	55	18,0	61,47	102,00	вугілля
85	57	59,2	69,45	103,00	вугілля
86	58	20,1	88,65	104,00	вугілля
87	59	00,3	113,62	105,00	верх вугілля
88	71	21,8	61,66	101,00	вугілля
89	72	48,3	50,93	100,00	низ бурта
90	185	32,2	63,18	100,00	паркан
91	348	04,5	63,80	100,00	паркан, чагарник

АБРИС



5.3. Нанесені пікети позначаються точкою, підписуються дробом, у чисельнику якого – номер пікету, у знаменнику – висота.

4.9. Контрольними називаються пікети, що незалежно фіксувалися з двох різних станцій. При нанесенні на план контрольних пікетів, визначених із різних точок ходу, положення контрольних пікетів не повинне розходитися більше, ніж на 0,4 мм.

4.10. По факту нанесення пікетів вугільного бурта і елементів ситуації на план форма і розмір бурта фіксуються ізолініями – горизонталями, проведеними через $h=1,0$ м. Горизонталі наносяться методами графічної, аналітичної інтерполяції або «на око», з точністю не нижче $1/3h$ – тобто 3 мм у плані. Горизонталі викреслюються м'яким гарно відточеним олівцем.

4.11. Після нанесення для кращої читабельності плану горизонталі «укладаються» - по потребі зміщуються на 2-3 мм і заокруглюються.

4.12. На горизонталі з відміткою $h=100,00$ м у двох-трьох місцях, зручних для виконавця, утворюються розриви, довжиною 5-10 мм, в яких горизонталь підписується. Підпис виконується так, щоб цифра 100 головою була направлена у сторону збільшення рельєфу.

4.13. Горизонталі і підписи на них наносяться чорним кольором, лініями, товщиною 0,2-0,4 мм. Пікети наносяться не всі, а із розрахунку, щоб відстань між двома сусідніми пікетами була близько 3 см. Обов'язково наносяться найвищі і найнижчі точки.

5. Визначення об'єму вугілля у бурті.

5.1. Для визначення кількості вугілля у бурті необхідно визначити його об'єм. Визначення об'ємів проводиться пошарово, по горизонтальних шарах обмежених ізолініями – горизонталями. Для визначення об'єму попередньо визначають площу, обмежену горизонталями. Визначення площі може відбуватися графічно (палетками), механічно (планіметром), або аналітично, за формулами

$$2S = \sum_{i=1}^n (y_{i+1} - y_{i-1}) \times x_i \text{ або } 2S = \sum_{i=1}^n (x_{i-1} - x_{i+1}) \times y_i$$

де x, y – координати кутів повороту ділянки, площа якої визначається.

5.2. Після визначення площ переходять до визначення об'ємів трапецій. Визначення проводять у кубічних метрах за формулою:

$$V_j = \frac{S_1 + S_2}{2} \times h$$

де V_j – об'єм j -ї земляної трапеції;

S_1 – площа, обмежена нижньою горизонталлю у m^2 ;

S_2 – площа, обмежена верхньою горизонталлю у m^2 ;

h – висота трапеції, тобто висота перетину рельєфу у м.

5.3. Визначивши об'єми окремих трапецій, визначають загальний об'єм бурта у m^3 :

$$V_{\text{заг}} = \sum_{j=1}^n V_j$$

5.4. Враховуючи об'ємну масу вугілля $\nu=1,5$ т/ m^3 розрахуйте масу запасів вугілля у бурті.

$$Z = V_{\text{заг}} \times \nu$$

5.5. Беручи до уваги, що ТЕС споживає $w=5000$ т/д вугілля за добу розрахуйте на скільки діб роботи вистачить запасів вугілля. Зробіть висновки.

$$T = \frac{Z}{w}$$

Висновки:

Практична робота 4

Камеральне трасування лінійної споруди

Теоретична частина.

Траса лінійної споруди являє собою ортогональну проекцію осі споруди на природну поверхню землі. Трасування – процес прокладання дороги на місцевості або по карті. Попереднє трасування дороги проводиться по карті, плану або аерофотознімки (камеральне трасування), що дозволяє вибрати напрямок з урахуванням особливостей рельєфу місцевості, підібрати необхідні радіуси кривих. При камеральному трасуванні по карті проводиться лінія, що з'єднує по прямій опорні точки траси: початок траси (ПТ) і кінець траси (КТ). Отримана лінія називається – «повітряна лінія». Поблизу повітряної лінії визначається розташування знижених точок на вододілах, встановлюються найбільш зручні місця переходу через річки, болота і т. і. Подібні точки, через які свідомо доцільно або необхідно прокласти трасу, називаються фіксованими. З урахуванням опорних і фіксованих точок визначаються варіанти напрямку проекрованої лінії.

Рельєф місцевості обумовлює складність прокладання траси. За складністю укладання трасу розділяють на ділянки: «вільного» ходу, на яких природні ухили місцевості менше найбільшого поздовжнього ухилу дороги і «напруженого» ходу, де природні ухили місцевості більше прийнятої величини найбільшого поздовжнього ухилу дороги. Ділянки траси вільного ходу прокладають по найкоротшому напрямку через фіксовані точки з обходом контурних перешкод невеликими кутами повороту (до 20°) З таким розрахунком, щоб перешкода знаходилося **з внутрішньої сторони кривих**, що утворюються в кутах повороту.

На ділянках «напруженого» ходу при складному рельєфі місцевості слід зробити кілька варіантів траси і вибрати найкращий. При трасуванні необхідно максимально використовувати найбільший ухил трасування, тобто найбільший поздовжній ухил дороги. Для цього необхідно визначити, якому закладенню, тобто відстані на карті між двома горизонталями, відповідає даний ухил трасування i_{np} . При масштабі карти 1: М довжина відрізка l (мм), що розміщується між горизонталями для забезпечення заданого ухилу трасування i_{np} (‰), дорівнює

$$l = \frac{1000 \cdot h}{M \cdot i_{np}}$$

де l – розчин циркуля, довжина у мм допустимого закладення для даної категорії доріг;

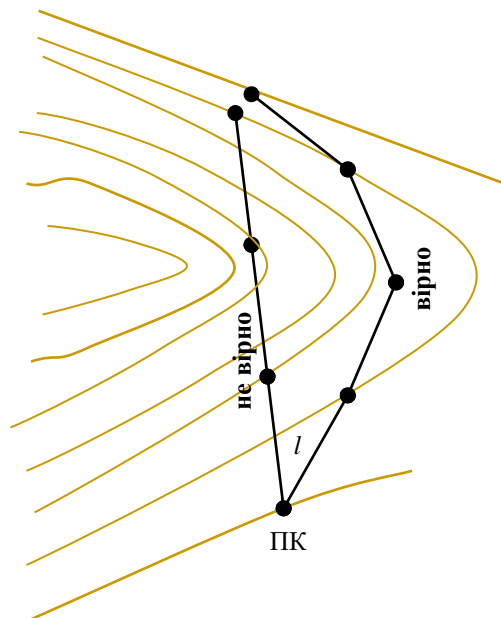
M – знаменник масштабу карти, на якій здійснюється трасування;

h – висота перерізу рельєфу горизонталями на карті, м.

i_{np} – проектний ухил – найбільший допустимий для даної категорії доріг поздовжній ухил дороги, ‰;

Необхідний проектний ухил траси буде витриманим у тому випадку, коли лінія l повністю розміститься між парою сусідніх горизонталей. Для цього з точки, що лежить на горизонталі ПК, розчином циркуля величиною l засікають наступну горизонталь, з отриманої точки перетину засікають так само наступну горизонталь і так далі. Поєднуючи точки, утворені засічками, отримують ламану лінію, що має на всьому протязі ухил не більше потрібного. Дана ламана є провідною лінією плану, або лінією нульових робіт. Орієнтуючись на цю лінію, на карту наносять пробну спрямлену трасу, намагаючись розташувати її якомога ближче до провідної лінії і складаючи її з прямих ділянок і заокруглень з радіусами, не менше допустимих по інструкції ДБН В.2.3-4:2007.

Малі та середні мости, а також труби під насипами допускається розташовувати за будь-яких поєднаннях елементів плану і профілю для того, щоб не викликати викривлення траси і подовження дороги заради зручності перетину невеликих річок, балок, ярів. У той же час, з огляду на велику економічність перпендикулярного перетину водотоків, бажано по можливості перетинати їх



ближче до прямого кута. Особливо це відноситься до доріг низьких категорій.

Населені пункти треба обходити, наближаючись до них не менш ніж на 200 м. Слід також обходити особливо охоронювані території, цінні сільськогосподарські та лісові угіддя, місця розташування пам'яток природи, культури, археології.

Залежно від пропускної здатності, кількості смуг руху, ширини смуг, ширини проїзної частини, ширини земляного полотна, ширини смуги відводу, поздовжнього похилу дороги та радіусу закруглень дороги, автомобільні дороги поділяють на 5 категорій (згідно ДБН В.2.3-4:2007)

Категорія	1		2	3	4	5				
	а	б				90	80	60	50	30
Розрахункова швидкість руху, км/год	150	140	120	100	90	90	80	60	50	30
Кількість смуг (в обидві сторони), шт	4;6;8	4;6	2	2	2	1				
Ширина смуги руху, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3,0	4,5				
Ширина роздільної смуги, м	6,0	6,0	-	-	-	-				
Ширина крайової зміцнювальної смуги на роздільній смузі, м	1	1	-	-	-	-				
Ширина укріпленої смуги на розділювальній смузі, м	1,0	1,0	-	-	-	-				
Найменша ширина земляного полотна, м	28,5; 36,0; 43,5	28,5; 36,0	15	12	10	8	6			
Найменший радіус кривої у плані, R, м	1200	1100	800	600	450	450	400			
Найбільший поздовжній ухил, $i_{пр}$, ‰	30	35	40	50	55	55	60	70	80	100

Критерієм оптимальності траси є найменша сума витрат на будівництво та експлуатацію автодороги. Стосовно до проектування траси це виражається в наступному:

- довжина траси автодороги $L \rightarrow \min$, в ідеалі $L = AB$;
- обсяг земляних робіт (насипу і виїмки), $V \rightarrow \min$;
- баланс земляних робіт: $V_{насипу} = V_{виїмки}$.

Постановка задачі:

На топокарті масштабу 1:25000 провести трасування автомобільної дороги встановленої категорії довжиною 3-4 км (категорія траси, початкова та кінцева точки задаються через номер варіанту).

1. Трасування виконується методом «вільного» або «напруженого ходу» (по гранично допустимому ухилу). Геодезичним транспортиром вимірюються кути повороту траси, а за допомогою циркуля-вимірювача і масштабної лінійки - довжини прямих.
2. Розбити пікетаж траси через кожні 100 м. Визначити позначки пікетів і плюсових точок.
3. Визначити оптимальні радіуси кривих та зрахувати елементи 2 кругових кривих (Т, Б, Д, К), обчислити пікетажні значення початку і кінця кругових кривих для кожного кута повороту.
4. Скласти відомість пікетажу (пікети і плюсові точки, їх відмітки).
5. На міліметровій шкалі скласти поздовжній профіль траси автодороги в масштабах: 1: 10 000 – горизонтальний; 1: 500 – вертикальний.
6. Розробити проект червоної лінії за умови мінімального обсягу земляних робіт і приблизної рівності обсягів виїмки і насипу, розрахувати проектні ухили і робочі відмітки, встановити баланс земляних робіт.

Хід роботи:

1. На топографічній карті масштабу 1: 25 000 задані точки А і В (початок ПТ і кінець траси КТ). Ці точки з'єднуються прямою лінією, яка називається повітряною лінією АВ.

2. Перед початком проектування траси необхідно вивчити ситуацію, гідрографію і рельєф району траси з метою:

- визначення перешкод, які необхідно обійти обов'язково (населені пункти, цінні лісопосадки, озера, заболочені ділянки, підтоплені ділянки, та інші, по яких проходження траси не бажано).

- визначення перешкод, які потрібно обходити (лісосмуги, сільськогосподарські угіддя, населені пункти та ін.);
- визначення місць перетину річок і струмків, через які необхідно будівництво мостів або труб; місць найкращого перетину траси з наявними на місцевості лінійними спорудами (залізниця і автодоріг, ліній зв'язку та ін.);

• визначити ділянки з ухилами i_m , що перевищують гранично допустимі ухили траси i_{np} ;

3. Трасування автодороги проводити «вільним ходом» в районах, де $i_m < i_{np}$, або «напруженим ходом», де $i_m > i_{np}$. При цьому слід обходити перешкоди або знаходити компромісні рішення по їх перетину.

4. Траса повинна мати не менше двох кутів повороту. Кутом повороту траси α вважається кут між попередньою і наступною прямолінійними ділянками. Заокруглення траси на кутах повороту оформлюється у вигляді кругової кривої. Основними елементами кругової кривої є:

- тангенс - Т,
- бісектриса - Б,
- крива - К,
- домір - Д

Центральний кут кругової кривої дорівнює куту повороту траси α . Відрізок |О-ВК₁| є віссю симетрії і ділить центральний кут α навпіл.

Головні точки ПК – початок кривої і КК – кінець кривої – точки, у яких прямолінійна ділянка траси переходить у криву.

Тангенс - це елемент кривої, що дозволяє встановити її початок:

$$T = R * \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

Пікетажне значення початку кривої визначається за формулою:

$$ПК = BK_1 - T$$

Кривої К називають довжину кругової кривої від початку ПК до кінця КК.

$$K = \frac{\pi * R * \alpha}{180} = R * 57,295779513$$

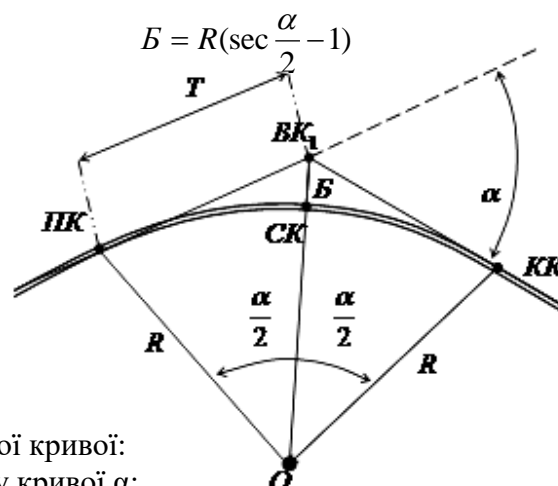
Пікетажне значення кінця кривої визначається за формулою:

$$КК = НК + К = BK_1 + T - Д$$

де Д – домір, який визначається за формулою: $Д = 2Т - К$

Бісектрисою Б називають відрізок від вершини кута ВК₁ до середини кривої СК.

Кругова крива 1	
елемент	значення
Кут α	
R	
T	
K	
Д	
Б	



Кругова крива 2	
елемент	значення
Кут α	
R	
T	
K	
Д	
Б	

При встановленні кругової кривої:

- визначте кут повороту кривої α ;
- встановіть оптимальний радіус повороту R для даної кривої, але не менше мінімального нормованого;
- розрахуйте елементи кругової кривої: Т, К, Д, Б;
- встановіть у вершині кута ВК бісектрису, і відкладіть по ній значення Б;
- відкладіть від вершини кута ВК проти ходу траси значення Т, і нанесіть початок кривої ПК;
- відкладіть від вершини кута ВК значення (Т-Д) і утворіть точку кінець кривої КК.

- сполучить точки ПК, Б, КК плавною кривою лінією;
- значення елементів занесить у таблиці.

5. Після закінчення трасування лінія траси спрямляється – окремі її ділянки між кутами повороту перетворюються на прямі лінії. Для прямих елементів траси визначаються румбичні кути.

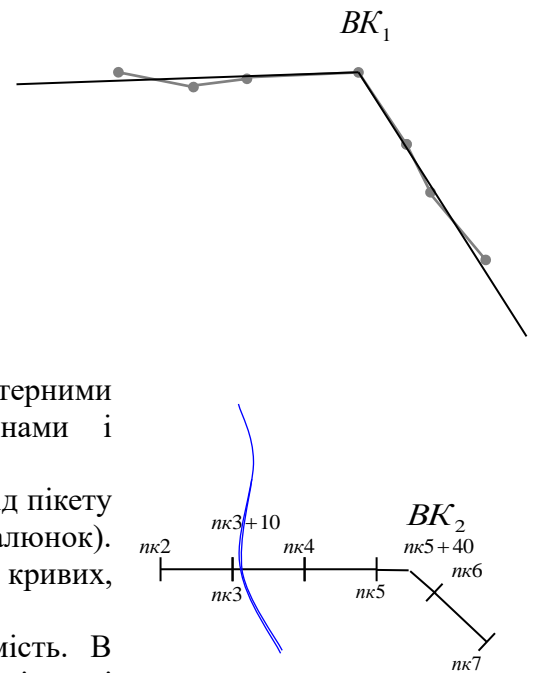
6. Розбити пікетаж траси через 100 м.

Через кожні 100 м траси відзначають точки - пікети (ПК). ПК0 поєднують з початком траси – точкою А. Далі ПК1, ПК2, ..., в результаті чого номер ПК позначає число сотень метрів від ПТ (ПК5 = 500 м від ПТ). Цей процес називається розбивкою пікетажу.

Перетин траси із лінійними контурами місцевості (дорогами, ЛЕП, елементами гідрографії, тощо) і характерними точками рельєфу (водорозділами, водоскидами, вершинами і низинами) відзначають плюсовими точками.

Якщо лінійний контур перетинає трасу на відстані 10 м від пікету 3, то там ставиться плюсова точка ПК3+10 (дивись малюнок). Плюсовими точками позначаються також вершини кругових кривих, точки початку і кінця кривих (на малюнку ВК₂ – ПК5+40).

7. Після розбивки пікетажу складається пікетажна відомість. В таблицю заносяться всі точки (ПТ, КТ, ПК_і, ВК_і, КК_і) всі пікети і плюсові точки. Для кожної точки надається її висота, визначена по карті з точністю 0,1 м, Для точки, в якій починається прямолінійна ділянка траси (ПТ, КК_і) надається румбичний кут прямолінійної ділянки траси з точністю до 0,1'. Плюсовим точкам надається характеристика – опис елемента ситуації, який утворив цю плюсову точку



Зразок пікетажної відомості

N п/п	Назва точки, пікет, плюсова точка	Висота, м	Румбичний кут	Характеристика
1	ПТ	196,2	91°25,5'	Асфальтова дорога
	...			
2	ПК2	195,8		
	...			
5	ПК3+10	195,3		Струмок, ширина – 1,5 м
	...			
7	ПК4+75	196,6		ПК ₁
8	ПК5	196,6		
9	ПК5+40	196,7		ВК ₁
10	ПК5+70	196,8	138°06,2'	КК ₁
	...			

Зробіть висновки по роботі

- кілометри (висота 10 мм) – для позначення кілометражу траси.

1.3. Відступивши 5 мм праворуч від вертикальної лінії профільної сітки прокресліть вертикальну лінію початку профілю траси – ПТ, висотою 250 мм від нижнього краю профільної сітки.

1.4. Заповнюється графа «Відстані». Для цього в масштабі 1: 10000 відкладаються відрізки, відповідні відстаням між пікетами. Так як відстані між пікетами - 100 м, то відкладаються відрізки по 1 см. Вони відзначаються вертикальними лініями, назви пікетів підписуються в рядку «Пікети» нижче рядку «Відстані». Між пікетами в горизонтальному масштабі відкладаються відрізки, рівні відстаням між плюсовими точками, які беруться з пікетажної відомості траси. Як і пікети, вони відзначаються вертикальними лініями (наприклад ПК-3+10). Відстані між плюсовими точками і суміжними пікетами підписуються в метрах між вертикальними лініями. Сума підписаних між двома сусідніми пікетами відстаней повинна бути дорівнює 100 м.


1.5. У графу «Відмітки землі» записуються заокруглені до сантиметрів відмітки (висоти) пікетів і плюсових точок, які беруться з пікетажної відомості траси .

1.6. За даними пікетажної відомості траси в графу «План траси» в масштабі 1: 10000 по довжині, наносять результати зйомки в смузі 50 м по обидва боки від траси. Значення розмірів контурів і плюсових позначок не відбивають.

1.7. Горизонтальна лінія, що проходить посередині графи, відповідає трасі, приведеній до прямої. На трасі стрілками вправо і вліво показуються вершини кутів повороту. Вершини кутів повороту розташовують по пікетажним значенням вершин відповідних кривих. Стрілки вказують зміну напрямку траси (поворот праворуч або ліворуч). Підписуються назви вершин кутів повороту.

1.8. У графу «Прямі і криві» на відповідному пікетажі наносяться точки початку і кінця кривих ПК і КК. Крива позначається дугою вгору, якщо траса повертає направо, дугою вниз, якщо - наліво. Висота дуги - 5 мм. Для кожної кривої виписуються її елементи, кут повороту α , радіус R, тангенс T, крива K, домір Д і бісектриса Б із таблиць значень кругових кривих.

1.9. З точок початку і кінця кривих відновлюють перпендикуляри до графи «відстані». Зліва на отриманих лініях записують їх плюсове значення (відстань від попереднього пікету). Значення румбів і довжин прямих вставок беруться з карти і записуються відповідно над лінією траси і під лінією.

1.10. У рядку «кілометри» вниз викреслюються відрізки, перпендикулярні до лінії траси, які показують положення кілометрів (пікетів, кратних 10) на трасі. На кінцях відрізків викреслюються кола діаметром 5 мм, права половина яких зафарбовується. Значення кілометрів підписуються цифрами висотою - 4 мм. 

1.11. Для відкладення чорних висот точок траси (відмітки землі) обирається лінія умовного горизонту. Зазвичай за лінію умовного горизонту приймається верхня горизонтальна лінія сітки профілю. Позначку лінії умовного горизонту при вертикальному масштабі 1: 500 зручно вибрати кратною 10 м так, щоб найнижча точка поздовжнього профілю розташовувалася над лінією умовного горизонту не ближче 5 см. Висота лінії умовного горизонту H_0 підписується на ній.

1.12. Для побудови профілю, відповідного положенню кожного пікету і плюсової точки, в цих точках встановлюють перпендикуляри від лінії умовного горизонту. На перпендикулярах в масштабі 1: 500 відкладають відрізки l_i , що дорівнюють різниці відміток пікетів і плюсових точок і позначки лінії умовного горизонту.

$$l_i = H_i - H_0$$

2. Нанесення проектної лінії на поздовжній профіль.

2.1. Траса повинна пройти через контрольні точки, строго фіксовані по висоті. За проектну відмітку початку траси ПТ приймається реальна (чорна) висота точки А (пк0). Проектна висота ПТ виписується у графі «Проектні відмітки» червоним кольором.

2.2. По ходу траси проектні (червоні) відмітки плюсових точок перетину траси з існуючими автодорогами, залізницями (переїздами), тунелями, мостами повинні бути рівні реальним відміткам (чорним) цих точок.

2.3. Мінімальна довжина лінії певного ухилу, що може бути запроєктована, називається кроком проектування. При проектуванні автодороги прийняти $d_{min} = 200$ м.

2.4. Для забезпечення безпечного руху із заданою граничною швидкістю і інтенсивністю руху, проектні ухили повинні задовольняти умові:

$$i_{np} < i_{max}.$$

де i_{np} – дозволений до проектування ухил дороги;
 i_{max} – максимальний допустимий ухил для дороги даної категорії.

2.5. Проектування полотна траси полягає у встановленні майбутньої висоти полотна траси на відстані не меншій ніж $d_{min} > 200$ м. від попередньої точки траси і розрахунку ухилу, який утвориться на даній лінії:

$$i'_{np} = \frac{h_{np}}{d_{np}}$$

де i'_{np} – запропонований ухил;
 h_{np} – перевищення між переломними точками, які визначаються графічно за профілем;
 d_{np} – запропонована відстань.

Якщо умова щодо максимального ухилу не виконана, то змінюють положення запропонованої точки по висоті так, щоб ухил був меншим за абсолютним значенням.

2.6. На рівнинній і слабо горбистій місцевості проектування здійснюють так, щоб був забезпечений нульовий баланс земляних мас. Тобто, проектна (червона) лінія має проходити відносно реальної (чорної) лінії траси так, щоб площі трикутників, утворених ними, були приблизно рівними.



2.7. Намітивши положення проектної лінії на профілі, відповідно до заданих умов, виконують геодезичні розрахунки. Обчислюють попередньо визначений проектний ухил наміченої лінії:

$$i''_{np} = \frac{H_{к\text{і}н\text{ц}} - H_{п\text{оч}}}{d}$$

де i''_{np} – попередньо визначений ухил;
 $H_{к\text{і}н\text{ц}}$ – проектна відмітка кінця ухилу (визначається за профілем);
 $H_{п\text{оч}}$ – проектна відмітка початку ухилу (відома);
 d – відстань між ними.

Розрахований ухил заокруглюють до 1 ‰ і записують в графу «Проектні ухили» на профілі.

2.8. По заокругленому ухилу i переобчислюють проектну відмітку $H_{к\text{і}н\text{ц}}$ за формулою:

$$H_{к\text{і}н\text{ц}} = H_{п\text{оч}} + i * d$$

де i – заокруглений до 1 ‰ проектний ухил лінії.

2.9. Уточнену $H_{к\text{і}н\text{ц}}$ відкладають на профілі. Якщо розбіжність зі спочатку наміченою точкою не більше 1 мм, остаточно викреслюють проектну лінію, а значення відмітки виписують у графі «Проектні відмітки».

2.10. Обчислюють і виписують у графі «Проектні відмітки» проектні відмітки усіх точок траси, що попадають на запроєктовану лінію:

$$H_i = H_{п\text{оч}} + i * d_i$$

де H_i – проектна відмітка даної точки;
 i – заокруглений до 1 ‰ проектний ухил лінії;
 d_i – відстані від початкової до даної точки.

2.11. У графі «Проектні ухили» вертикальними рисками позначають кінці запроєктованої лінії. Якщо ухил додатній $i > 0$, то з лівого нижнього кута графі у правий верхній прокреслюють червону лінію, над якою підписують значення ухилу. Якщо ухил від'ємний $i < 0$, то лінію креслять із лівого верхнього кута у правий нижній. Якщо ухил дорівнює нулю $i = 0$, лінію креслять горизонтально, по середині графі.

2.12. Далі дії пп. 2.5 – 2.11 повторюються до тих пір, поки не буде запроєктовано всю трасу.

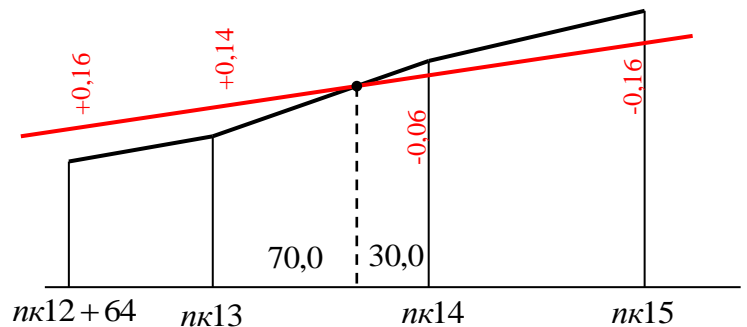
2.13. Обчислюють робочі відмітки - висоти насипів і глибини виїмок:

$$h = H_{ПР} - H_{зем}$$

якщо плюс, то насип і виписують вище проектної лінії; якщо мінус, то виїмка і виписують нижче проектної лінії. Робочі відмітки виписуються червоним кольором.

а. Визначити положення точок нульових робіт. Точка нульових робіт – точка перетину запроєктованої лінії (червоної) із поверхнею землі (чорною). В точці нульових робіт робочі відмітки міняють свій знак. В таких точках встановити пунктирні лінії - перпендикуляри від профілю на лінію умовного горизонту.

б. Обчислення відстаней до точок нульових необхідно при будівництві для фіксування кінця насипу і початку виїмки.



$$d_H = \frac{d \times h_H}{h_H + |h_B|} \quad d_B = \frac{d \times |h_B|}{h_H + |h_B|} \quad \text{Контроль } d_H + d_B = d$$

де d_H – довжина насипу;

d_B – довжина виїмки;

h_H – робоча відмітка насипу;

h_B – робоча відмітка виїмки.

d – контрольна відстань (відстань між пікетами).

Відстані до точок нульових робіт, округлені до 0.1 м, виписують на профіль ліворуч і праворуч від ординати, накресленої пунктиром.

2.16. Для підрахунку об'єму земляних робіт форма дороги приймається за трапецію. Якщо в точках траси не розбиті поперечники, то поперечний ухил приймається за нуль і об'єм ділянки обчислюється як

$$V = \left(\frac{S_1 + S_2}{2} - \frac{K(h_1 - h_2)^2}{6} \right) \times d \quad S = (b + Kh)h$$

де S – площа поперечного перерізу траси;

h – робочі відмітки на ділянці траси (для точки нульових робіт $h=0$, $S=0$);

b – ширина дороги по верху;

d – довжина ділянки;

K – коефіцієнт відкосу (задається нормами, $K=1,6$).

Загальний обсяг земляних робіт буде дорівнювати сумі обсягів окремих ділянок між точками траси.

При розрахунках об'ємів земляних робіт окремо підраховуйте насипи, окремо – виїмки. По факту отримання значень зробіть висновки.

Практична робота №6

Вертикальне планування горизонтальної ділянки по нульовому балансу земляних мас

Теоретична частина

При проведенні гірничотехнічного етапу рекультивації порушених земель виконують земляні роботи з вирівнювання (планування) земельної ділянки для подальшого відсіпання родючого ґрунту.

При визначенні обсягів робіт користуються відомими формулами геометрії: при цьому складні по формі побудови розкладають на ряд простіших геометричних фігур, об'єми яких потім сумують.

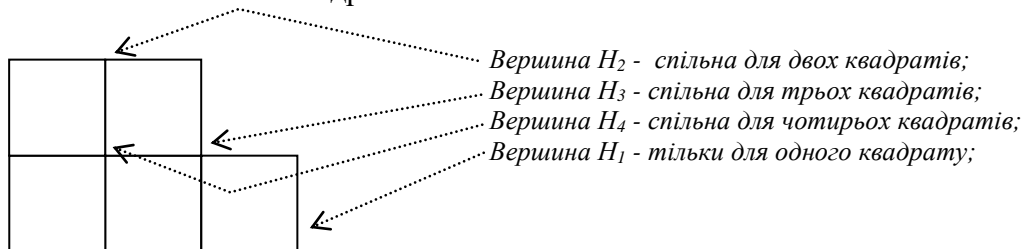
Обсяги земляних робіт при проектуванні планування майданчиків визначають на основі **картограми земляних робіт**, яка являє собою план ділянки з горизонталями та нанесеною сіткою квадратів з позначенням чорних, червоних і робочих відміток вершин фігур, а також з зображенням лінії нульових робіт. Розмір сторони фігури приймається від 10 до 100 м залежно від рельєфу місцевості. На складному рельєфі місцевості краще використовувати трикутники шляхом поділу квадратів на 2 фігури. При цьому діагональ повинна проходити приблизно по напрямку водорозділу (або тальвегу) в залежності із змінами характеру рельєфу місцевості.

Найбільш доцільно проектувати планування майданчика так, щоб додержувався **нульовий баланс земляних мас**, коли планування виконується перерозподілом земляних мас на самому майданчику, без завозу ґрунту ззовні, або без вивозу зайвого ґрунту за межі ділянки.

При підрахунку обсягів робіт по квадратах середню відмітку ділянки визначають за формулою:

$$H_0 = \frac{4\sum H_4 + 3\sum H_3 + 2\sum H_2 + \sum H_1}{4n}$$

- де $\sum H_4$ — сума чорних відміток вершин, спільних для чотирьох квадратів;
 $\sum H_3$ — сума чорних відміток вершин, спільних для трьох квадратів;
 $\sum H_2$ — сума чорних відміток вершин, спільних для двох квадратів;
 $\sum H_1$ — сума чорних відміток вершин, тільки для одного квадрату.
 n — загальна кількість квадратів.



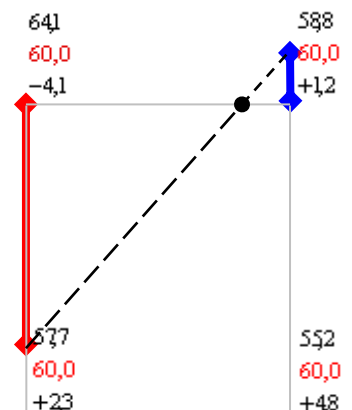
Підрахунку обсягів робіт передуює знаходження проектних (червоних) відміток вершин квадратів з урахуванням проектних нахилів майданчика. Якщо планується горизонтальний майданчик, то проектні відмітки для всіх точок однакові і дорівнюють середній відмітці ділянки H_0 . Робочі відмітки підраховуються як різниця між проектними (червоними) і реальними (чорними) відмітками.

$$h_i = H_0 - H_i$$

На картограмі робочі відмітки із знаком «плюс» показують на необхідність влаштування насипу, а із знаком «мінус» — виїмки. Квадрати з робочими відмітками однакових знаків називають однойменними, різних — перехідними.

Лінія на плані майданчика, проведена через нульові точки перехідних квадратів — **лінія нульових робіт** розмежовує ділянки виїмки та насипу. Є два способи нанесення лінії нульових робіт: графічний і аналітичний.

При графічному на сторонах перехідних квадратів відклавши у обраному зручному масштабі робочі відмітки — з «плюсом» уверх, а



з «мінусом» – униз і з'єднавши крайні точки прямою, одержуємо на перетині її із стороною квадрата нульову точку.

ПРИКЛАД: перша точка з чорною відміткою 64,1, червоною відміткою 60,0 і робочою відміткою -4,1. Робоча відмітка -4,1 відкладена униз. Друга точка з чорною відміткою 58,8 червоною відміткою 60,0 і робочою відміткою +1,2. Робоча відмітка +1,2 відкладена уверх. На стороні квадрата утворена точка нульових робіт.

УВАГА! Всі побудови, крім точки нульових робіт витираються!

При аналітичному відстань від вершини квадрата до точки нульових робіт визначається за формулою:

$$l = \frac{|h_1| \cdot a}{|h_1| + |h_2|}$$

де h_1, h_2 – робочі відмітки по стороні перехідного квадрата;
а – довжина сторони.

ПРИКЛАД: $h_1 = -4,1$, $h_2 = +1,2$, сторона квадрата $a = 50$ мм.

Обчислимо відстань до точки нульових робіт

$$l = \frac{|-4,1| \cdot 50}{|-4,1| + |1,2|} = \frac{205}{5,3} = 38,7 \text{ мм}$$

Об'єми виїмки та насипу визначаються за формулами:

1) в однойменному квадраті:

$$V = a^2 \cdot \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}{4}$$

де а – довжина сторони квадрата;
 h_i – робочі відмітки вершин квадрата.

2) в перехідному квадраті окремо визначають об'єм виїмки і об'єм насипу. Відповідно лінії нульових робіт, квадрат ділиться на елементарні фігури – трикутники або трапеції. Об'єм земляного тіла у формі трикутника визначається за формулою:

$$V = S \cdot \frac{(h_1 + h_2 + h_3)}{3}$$

де S – площа трикутника;
 h_i – робочі відмітки вершин трикутника.

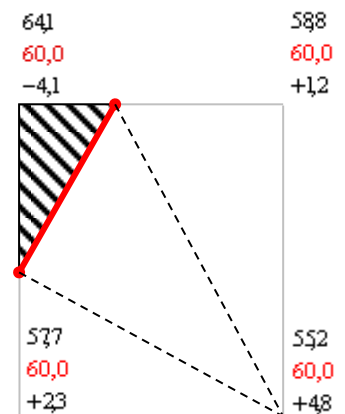
Об'єм земляного тіла у формі трапеції визначають за формулою:

$$V = S \cdot \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}{4}$$

де S – площа трапеції;
 h_i – робочі відмітки вершин трикутника.

ПРИКЛАД: перехідний квадрат розділений на елементарні фігури – трикутники. Заштрихований трикутник – насип, не заштриховані трикутники – виїмки. **УВАГА! Робочі відмітки точок нульових робіт $h_i = 0$!**

Для зручності виконання розрахунків фігури нумеруються зліва-направо і зверху-вниз. Всі обчислення рекомендується зводити в таблиці.



Відомість обчислення об'ємів земляних робіт

№ фігури	Назва фігури	Площа фігури, S, м ²	Середня робоча відмітка, $\frac{\sum h_i}{n}$, м	Об'єми земляних робіт, м ³	
				насип «+», м ³	виїмка «-», м ³

Вихідні дані:

1. Нумерація вершин квадратів іде зліва-направо, зверху-вниз. Точка 1 – верхня ліва точка на картограмі, точка 20 – нижня права. Дані нівелювання по квадратах:

Варіанти	Номера точок, чорні відмітки H_i (м)									
	$\frac{1}{11}$	$\frac{2}{12}$	$\frac{3}{13}$	$\frac{4}{14}$	$\frac{5}{15}$	$\frac{6}{16}$	$\frac{7}{17}$	$\frac{8}{18}$	$\frac{9}{19}$	$\frac{10}{20}$
1	175,3	173,0	170,8	173,2	173,1	171,9	171,6	173,5	170,9	170,3
	171,4	171,7	172,2	173,0	170,4	170,8	174,3	174,6	173,9	174,2
2	55,6	55,7	54,6	54,8	58,0	58,3	56,0	56,8	57,4	57,7
	58,5	58,1	54,8	58,2	57,2	55,6	55,3	58,6	56,0	52,7
3	98,1	97,9	96,0	96,2	99,3	97,1	92,1	96,1	100,2	97,8
	93,3	96,2	101,5	98,9	94,6	96,3	101,3	98,7	97,6	97,9
4	33,3	34,8	35,5	34,6	35,2	37,5	39,3	34,8	33,7	34,9
	35,2	35,4	34,8	35,5	29,7	34,0	33,1	34,5	35,3	34,7
5	343,3	341,5	344,8	341,5	344,2	342,3	342,6	339,5	344,4	342,8
	341,3	338,1	344,3	342,4	343,8	339,7	343,8	341,4	345,7	341,6
6	46,7	50,3	46,2	44,2	44,5	48,6	45,6	43,5	43,7	46,5
	45,4	43,4	44,6	47,4	45,7	43,7	46,4	49,5	46,8	44,6
7	181,8	183,6	181,4	183,4	180,5	182,7	181,8	184,5	180,4	182,2
	183,9	185,8	180,7	182,6	183,8	185,9	181,3	183,1	187,6	183,3
8	204,5	205,6	206,7	206,5	206,1	208,6	210,5	206,3	203,2	205,8
	206,2	206,1	205,5	208,3	210,8	208,2	204,1	205,7	206,4	207,3
9	129,3	130,7	131,6	132,8	128,4	126,4	128,7	131,4	130,4	130,3
	131,7	133,5	130,6	126,3	128,3	130,8	130,8	130,9	131,3	132,9
10	273,3	274,8	275,5	274,6	275,2	277,5	279,3	274,8	273,7	274,9
	275,2	275,4	274,8	275,5	269,7	274,0	273,1	274,5	275,3	274,7
11	251,8	253,6	251,4	253,4	250,5	252,7	251,8	254,5	250,4	252,2
	253,9	255,8	250,7	252,6	253,8	255,9	251,3	253,1	257,6	253,3
12	155,6	155,7	154,6	154,8	158,0	158,3	156,0	156,8	157,4	157,7
	158,5	158,1	154,8	158,2	157,2	155,6	155,3	158,6	156,0	152,7
13	143,3	141,5	144,8	141,5	144,2	142,3	142,6	139,5	144,4	142,8
	141,3	138,1	144,3	142,4	143,8	139,7	143,8	141,4	145,7	141,6
14	134,5	135,6	136,7	136,5	136,1	138,6	140,5	136,3	133,2	135,8
	136,2	136,1	135,5	138,3	140,8	138,2	134,1	135,7	136,4	137,3
15	118,1	117,9	116,0	116,2	119,3	117,1	112,1	116,1	120,2	117,8
	113,3	116,2	121,5	118,9	114,6	116,3	121,3	118,7	117,6	117,9
16	270,2	269,8	267,9	264,6	270,5	273,4	268,8	264,7	271,7	274,9
	269,9	266,7	271,0	275,3	270,6	267,5	270,3	271,9	270,2	267,7

Хід роботи:

1. Посередині аркушу креслярського паперу формату А-4 відступивши зверху 2 см стандартним шрифтом висотою 5 мм створити напис: «*Картограма земляних робіт*»
2. Відступивши від напису і зліва аркушу по 3 см створити сітку з 12 квадратів (3×4 шт) зі стороною 50 мм.
3. Відступивши від нижнього квадрата 2 см вниз посередині аркушу напишіть стандартним шрифтом висотою 8 мм значення масштабу 1:1000.
4. Під значенням масштабу шрифтом висотою 5 мм вкажіть: «*Перетин рельєфу h=0,5м*»
5. Випишіть зліва-зверху кожної вершини квадрату значення чорної висоти точки (вихідні дані).
6. Проінтерполуйте і нанесіть на картограму горизонталі з перетином рельєфу h=0,5 м. Звичайні горизонталі позначте лініями товщиною 0,2 мм, потовщені (кожна четверта) – 0,4 мм коричневого кольору.
7. Визначить середню відмітку ділянки H_0 і випишіть її біля кожної точки червоним кольором під чорною відміткою.
8. Визначить робочу відмітку кожної точки h_i і випишіть її чорним кольором біля кожної точки під червоною відміткою.
9. Складіть відомість обчислення об'ємів земляних робіт, в яку заносьте земельні тіла під відповідними номерами. Нумерацію тіл проводьте зліва-направо, зверху-вниз.
10. Однойменні квадрати повинні мати однакові робочі відмітки на всіх чотирьох вершинах.
11. Перехідні квадрати – матимуть різнознакові робочі відмітки. Через них має проходити лінія нульових робіт. Робочі відмітки у точках нульових робіт на сторонах перехідних квадратів $h_i=0$. Перехідні квадрати розбиваються на елементарні фігури (частіше на трикутники). Відношення земельного тіла до насипу «+», або виїмки «-» проводиться по знаку середньої робочої відмітки.
12. Об'єми земельного тіла, середня робоча відмітка яких більше нуля записуються у колонку *насип* «+», у яких менше нуля – у колонку *виїмка* «-».
13. Після обчислення об'ємів всіх земляних тіл внизу відомості знаходять суми по колонках *насип* «+», та *виїмка* «-». Сумарні об'єми насипу V_+ і виїмки V_- не повинні розходитися більше, ніж на 3% від загального об'єму земляних робіт.
$$B = \frac{\Delta V}{\Sigma V} = \frac{|V_+ - V_-|}{V_+ + V_-} \cdot 100\% < 3\%$$
14. Оформіть роботу і зробіть висновки.

Висновки _____

Практична робота №7

Вертикальне планування похилої ділянки по заданих ухилах

Теоретична частина

При проведенні інженерно-геодезичних робіт на будівельному майданчику виконують земляні роботи з вирівнювання (планування) земельної ділянки, або надання їй певного ухилу.

При визначенні обсягів робіт користуються відомими формулами геометрії: при цьому складні по формі побудови розкладають на ряд простіших геометричних фігур, об'єми яких потім сумують.

Обсяги земляних робіт при плануванні майданчиків визначають на основі **картограми земляних робіт**, яка являє собою план ділянки з горизонталями та нанесеною сіткою квадратів з позначенням чорних (фактичних), червоних (проектних) і робочих (різниця проектні-фактичні) відміток вершин фігур, а також з зображенням лінії нульових робіт. Розмір сторони фігури приймається від 10 до 100 м залежно від рельєфу місцевості.

При проектуванні ділянки із заданим ухилом для зменшення об'єму земляних робіт за початкову H_A може обиратися точка з максимальною чорною (фактичною) відміткою. Проектні відмітки інших точок розраховуються відповідно заданих проектних поздовжнього i_x і поперечного i_y ухилів за формулою:

$$H_{np} = H_A + d_x \cdot i_x + d_y \cdot i_y$$

де H_{np} – проектна відмітка точки;
 H_A – чорна відмітка початкової точки;
 d_x – відстань від початкової точки вздовж ділянки;
 d_y – відстань від початкової точки впоперек ділянки;
 i_x – проектний поздовжній ухил;
 i_y – проектний поперечний ухил.

Ухили визначаються у тисячних – проміле (‰). Ухил $i = 2‰ = 0,002$.

Робочі відмітки підраховуються як різниця між проектними H_{np} (червоними) і фактичними H_i (чорними) відмітками.

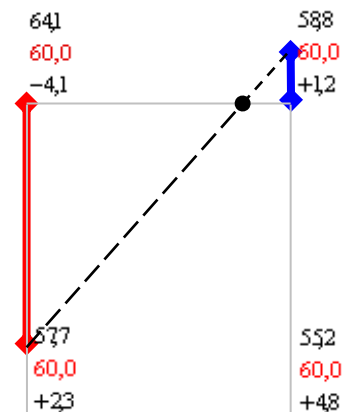
$$h_i = H_{np} - H_i$$

На картограмі робочі відмітки із знаком «плюс» показують на необхідність влаштування насипу, а із знаком «мінус» — виїмки. Квадрати з робочими відмітками однакових знаків називають однойменними, різних — перехідними.

Лінія на плані майданчика, проведена через нульові точки перехідних квадратів – **лінія нульових робіт** розмежовує ділянки виїмки та насипу. Є два способи нанесення лінії нульових робіт: графічний і аналітичний.

При графічному на сторонах перехідних квадратів відклавши у обраному зручному масштабі робочі відмітки — з «плюсом» уверх, а з «мінусом» — униз і з'єднавши крайні точки прямою, одержуємо на перетині її із стороною квадрата нульову точку.

ПРИКЛАД: перша точка з чорною відміткою 64,1, червоною відміткою 60,0 і робочою відміткою -4,1. Робоча відмітка -4,1 відкладена униз. Друга точка з чорною відміткою 58,8 червоною відміткою 60,0 і робочою відміткою +1,2. Робоча відмітка +1,2 відкладена уверх. На стороні квадрата утворена точка нульових робіт.



УВАГА! Всі додаткові побудови, крім точки нульових робіт витираються!

При аналітичному відстань від вершини квадрата до точки нульових робіт визначається за формулою:

$$l = \frac{|h_1| \cdot a}{|h_1| + |h_2|}$$

де h_1, h_2 – робочі відмітки по стороні перехідного квадрата;
 a – довжина сторони.

ПРИКЛАД: $h_1 = -4,1$, $h_2 = +1,2$, сторона квадрата $a = 50$ мм.

Обчислимо відстань до точки нульових робіт

$$l = \frac{|-4,1| \cdot 50}{|-4,1| + |1,2|} = \frac{205}{5,3} = 38,7 \text{ мм}$$

Об'єми виїмки та насипу визначаються за формулами:

1) в однойменному квадраті:

$$V = a^2 \cdot \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}{4}$$

де a – довжина сторони квадрата;
 h_i – робочі відмітки вершин квадрата.

2) в перехідному квадраті окремо визначають об'єм виїмки і об'єм насипу. Відповідно лінії нульових робіт, квадрат ділиться на елементарні фігури – трикутники або трапеції. Об'єм земляного тіла у формі трикутника визначається за формулою:

$$V = S \cdot \frac{(h_1 + h_2 + h_3)}{3}$$

де S – площа трикутника;
 h_i – робочі відмітки вершин трикутника.

Об'єм земляного тіла у формі трапеції визначають за формулою:

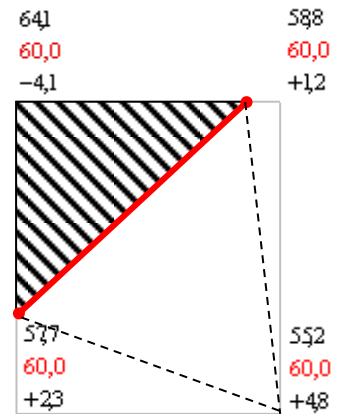
$$V = S \cdot \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}{4}$$

де S – площа трапеції;
 h_i – робочі відмітки вершин трапеції.

ПРИКЛАД: *перехідний квадрат розділений на елементарні фігури – трикутники. Заштрихований трикутник – насип, не заштриховані трикутники – виїмки. УВАГА!*

Робочі відмітки точок нульових робіт $h_i = 0$!

Для зручності виконання розрахунків фігури нумеруються зліва-направо і зверху-вниз. Всі обчислення рекомендується зводити в таблиці.



Відомість обчислення об'ємів земляних робіт

№ фігури	Назва фігури	Площа фігури, S , м ²	Середня робоча відмітка, $\frac{\sum h_i}{n}$, м	Об'єми земляних робіт, м ³	
				насип «+», м ³	виїмка «-», м ³

Вихідні дані:

2. Нумерація вершин квадратів йде зліва-направо, зверху-вниз. Точка 1 – верхня ліва точка на картограмі, точка 20 – нижня права. Дані нівелювання по квадратах (де n – номер варіанту):

Номера точок, чорні відмітки H_i (м)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41,77+n	39,00+n	37,80+n	41,20+n	41,56+n	38,90+n	38,60+n	41,50+n	37,90+n	37,30+n
38,40+n	40,80+n	40,87+n	39,00+n	37,40+n	37,80+n	41,21+n	40,85+n	39,90+n	41,05+n

Для непарних варіантів ухили $i_x = -4\%$, $i_y = -5\%$. Для парних варіантів ухили $i_x = -5\%$, $i_y = -4\%$.

Хід роботи:

1. Посередині аркушу креслярського паперу формату А-4 відступивши зверху 2 см стандартним шрифтом висотою 5 мм створити напис: «Картограма земляних робіт»

2. Відступивши від напису і зліва аркушу по 3 см створити сітку з 12 квадратів (3×4 шт) зі стороною 50 мм. Довшу сторону сітки квадратів позначити як «х», коротшу – як «у».
3. Відступивши від нижнього квадрата 2 см вниз посередині аркушу напишіть стандартним шрифтом висотою 8 мм значення масштабу 1:1000.
4. Під значенням масштабу шрифтом висотою 5 мм вкажіть: «Перетин рельєфу $h=0,5\text{м}$ »
5. Випишіть зліва-зверху кожної вершини квадрату значення чорної висоти точки (вихідні дані).
6. Проінтерполуйте і нанесіть на картограму горизонталі з перетином рельєфу $h=0,5\text{ м}$. Звичайні горизонталі позначте лініями товщиною 0,2 мм, потовщені (кожна четверта) – 0,4 мм коричневого кольору.
7. Встановіть найвищу точку на ділянці, Проектна відмітка якої має дорівнювати фактичній $H_A=H_{\text{ПР}}$.
8. Позначте робочу відмітку першої (початкової) точки $h_{I=0}$.
9. Проектну відмітку 1 точки НПР встановіть на 1,8 м менше, ніж її фактична відмітка.

10. $H_{\text{ПР}}^1=H_I-1,8\text{м}$

11. Проектні висоти інших точок визначають по формулі:
 12. $H_{\text{ПР}}^i=H_{\text{ПР}}^1+d_x \cdot i_x+d_y \cdot i_y$
 13. де $H_{\text{ПР}}$ – проектна відмітка точки;
 - a. H_A – чорна відмітка початкової точки;
 - b. i_x – проектний поздовжній ухил;
 - c. i_y – проектний поперечний ухил;
 - d. d_x – відстань від першої точки вздовж ділянки;
 14. d_y – відстань від першої точки впоперек ділянки.
 15. Обчисліть і випишіть проектні відмітки біля кожної точки червоним кольором під чорною відміткою.
 16. Визначить робочу відмітку кожної точки h_i і випишіть її чорним кольором біля кожної точки під червоною відміткою.
 17. Складіть відомість обчислення об'ємів земляних робіт, в яку заносьте земельні тіла під відповідними номерами. Нумерацію тіл проводьте зліва-направо, зверху-вниз.
 18. Однойменні квадрати повинні мати однакові робочі відмітки на всіх чотирьох вершинах.
 19. перехідні квадрати – матимуть різнознакові робочі відмітки. Через них має проходити лінія нульових робіт. Робочі відмітки у точках нульових робіт на сторонах перехідних квадратів $h_i=0$. Перехідні квадрати розбиваються на елементарні фігури (частіше на трикутники). Відношення земельного тіла до насипу «+», або виїмки «-» проводиться по знаку середньої робочої відмітки.
 20. Об'єми земельного тіла, середня робоча відмітка яких більше нуля записуються у колонку насип «+», у яких менше нуля – у колонку виїмка «-».
 21. Після обчислення об'ємів всіх земляних тіл внизу відомості знаходять суми по колонках насип «+», та виїмка «-». Сумарні об'єми насипу V_+ і виїмки V_- не повинні розходитися більше, ніж на 3% від загального об'єму земляних робіт $B = \frac{\Delta V}{\Sigma V} = \frac{|V_+ - V_-|}{V_+ + V_-} \cdot 100\% < 3\%$.
- Якщо сумарні об'єми насипу V_+ і виїмки V_- розходяться – зробити висновок про необхідність завезення(вивезення) ґрунту, або зміни проектної відмітки першої (вихідної) точки у сторону збільшення (зменшення).
22. Оформіть роботу і зробіть висновки: _____

Практична робота № 8

Визначення кренів споруд геодезичними способами

Теоретична частина

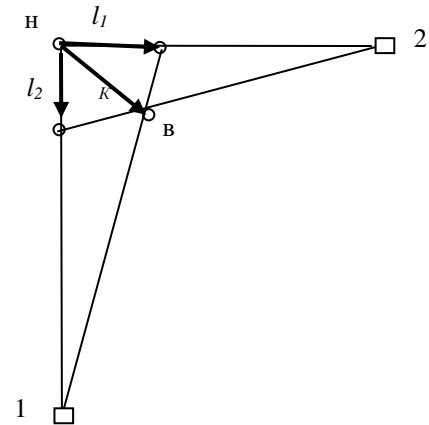
Крен споруди – це величина відхилення вертикальної площини симетрії споруди від прямої висної лінії. Для високих споруд (димарів, колон, опор, веж тощо) крен визначають проектуванням за допомогою теодоліта верхньої точки осі на рівень нижньої точки з наступним вимірюванням лінійної величини крену між ними. Визначають при двох взаємно перпендикулярних напрямках,

Будівельні норми переважно нормують відносну величину крену

$$\frac{1}{\eta} = \frac{K}{H}$$

Якщо висота H невідома, то її визначають тригонометричним нівелюванням. Вимірюють кути нахилу при наведенні на верхню і нижню точки об'єкта. Відстань, на якій стоїть прилад повинна бути не менше

$$d = 1,5 * H$$



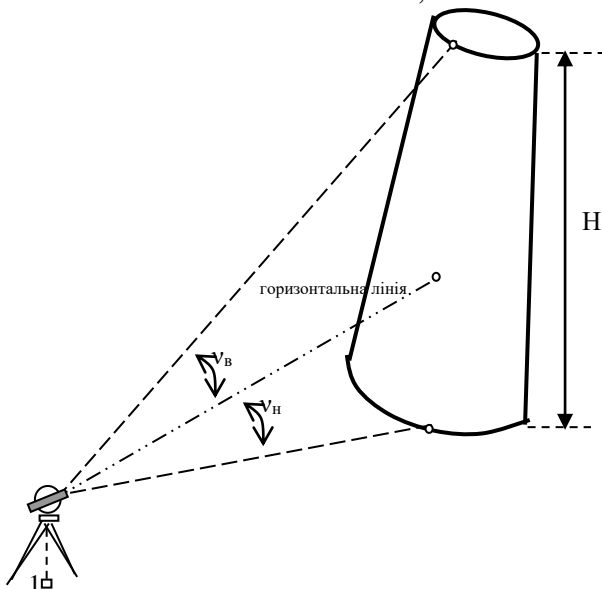
Вона визначається наближено по нитковому віддалеміру або світловіддалеміром. Висота H буде дорівнювати:

$$H = d * (tg v_a - tg v_n)$$

Формула є спільною для кутів нахилу на нижню точку як позитивних, так і негативних.

При невеликих розмірах поперечного перерізу (колони, стовпи, кути будівель) вісь симетрії вгорі намічається на око в полі зору труби. Внизу – шляхом ділення поперечного перерізу об'єкту навпіл.

При великих розмірах поперечних перерізів (димові труби, водонапірні і силосні башти, металеві

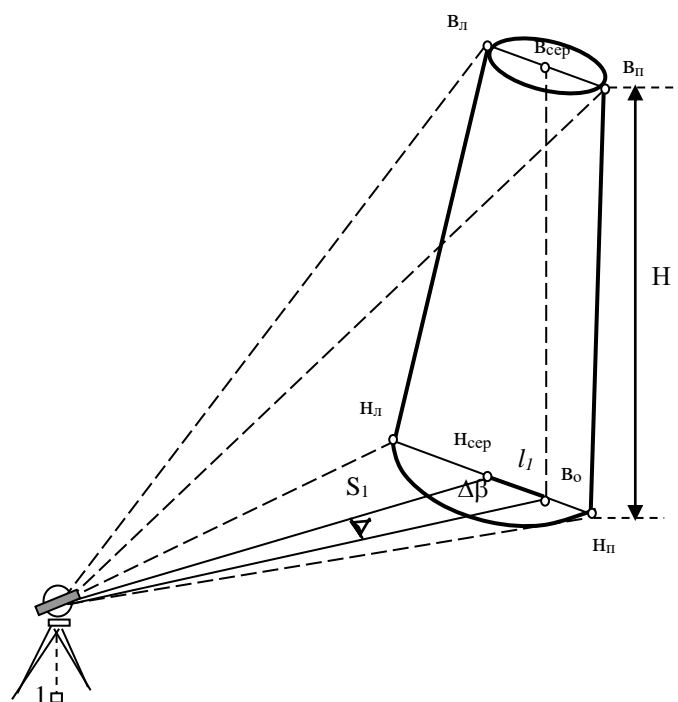


опори високовольтних ліній і т. і.) вісь симетрії визначається як напівсума відліків по горизонтальному колу при візуванні на ліві і праві зовнішні межі.

Теодоліт встановлюють в точці 1 на відстані S_1 від осі споруди (в межах півтори висоти споруди для зручності наведення на верхні точки і взяття відліків по лімбу). Наводять вертикальну нитку сітки на лівий нижній край об'єкта беруть відлік по горизонтальному колу n_l . Не змінюючи трубу по висоті, наводять на праву грань і беруть відлік n_n . Обчислюють середній відлік як:

$$n_{сер} = \frac{(n_l + n_n)}{2}$$

Аналогічно візують на верхні ліву і праву межі і беруть відліки v_l і v_n , за якими обчислюють



середній відлік:

$$e_{сер} = \frac{(e_l + e_n)}{2}$$

Встановлюють різницю відліків по горизонтальному крузі в точці 1:

$$\Delta\beta_1 = n_{сер} - e_{сер}$$

Лінійну складову l_1 крену, визначену з точки 1 обчислюють за формулою:

$$l_1 = \frac{S_1 * \beta_1}{\rho}$$

де S_1 – відстань до об'єкта, $S_1 = (S_l + S_n) / 2$;

$\Delta\beta_1$ – різниця відліків по горизонтальному крузі;

$\rho = 206265$.

Значення l_1 визначають при двох положеннях вертикального круга теодоліта (КЛ і КП), за остаточний результат беруть середнє.

Лінійна величина результуючої крену із двох точок, напрямки на які встановлюють кут γ , близький до 90° визначається за формулою:

$$K = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2 * l_1 * l_2 * \cos \gamma} / \sin \gamma$$

У будівельних нормативних документах регламентується величина допустимого крену для висотних споруд, що зводяться з цегли, залізобетону і металу. Для залізобетонних і металевих споруд допускається відхилення від вертикального положення $K_{дон} \leq 0,001 * H$, де H – висота споруди в метрах.

Дирекційні кути напрямків з опорних точок на проекції центральних точок споруди визначаються за формулами:

$$\alpha_{н-сер} = \alpha_{1-2} \pm n_{сер}$$

Кутова складова результуючої крену описує відхилення крену від напрямку лінії 2- $n_{сер}$

$$\sigma = \arctg \left(\frac{l_2}{l_1} \right)$$

Кут σ може бути додатним або від'ємним. Від'ємне значення кута говорить про те, що результуюча відхиляється від напрямку лінії 2- $n_{сер}$ проти ходу годинникової стрілки.

Кутова складова результуючої крену по напрямку на осьовий меридіан визначається за формулою:

$$\alpha_K = \alpha_{2-нсер} + \sigma$$

Постановка задачі:

Проведені польові вимірювання із визначення крену димаря методом горизонтальних кутів. Результати надані в таблиці. Обчислити лінійну і кутову складові крену по результатах вимірювань:

Вихідні дані:

Координати опорних точок:

Опорові точки	Координати, м	
	X	Y
1		
2		

Значення вимірних кутів і відстаней:

Величина	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Відліки по горизонтальному крузі										
1. КЛ-Н _л										
1. КЛ-Н _н										
1. КЛ-в _л										
1. КЛ-в _н										
1. КП-Н _л										
1. КП-Н _н										
1. КП-в _л										
1. КП-в _н										
2. КЛ-Н _л										
2. КЛ-Н _н										
2. КЛ-в _л										
2. КЛ-в _н										
2. КП-Н _л										
2. КП-Н _н										
2. КП-в _л										
2. КП-в _н										
Відліки по вертикальному крузі										
1. КЛ-Н _л										
1. КЛ-Н _н										
1. КЛ-в _л										
1. КЛ-в _н										
2. КЛ-Н _л										
2. КЛ-Н _н										
2. КЛ-в _л										
2. КЛ-в _н										
Відстані до точок										
1. S _{Н_л}										
1. S _{Н_н}										
1. S _{в_л}										
1. S _{в_н}										
2. S _{Н_л}										
2. S _{Н_н}										
2. S _{в_л}										
2. S _{в_н}										

Хід роботи:

1. Рішення обернених геодезичних задач по координатах опорних точок. Через рішення ОГЗ по координатах твердих пунктів знайти горизонтальне прокладення лінії S_{1-2} та дирекційні кути α_{1-2} і α_{2-1} твердого напрямку.

$$S_{1-2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м} \quad \alpha_{1-2} = \underline{\hspace{1cm}}^\circ \underline{\hspace{1cm}}' \underline{\hspace{1cm}}'' \quad \alpha_{2-1} = \underline{\hspace{1cm}}^\circ \underline{\hspace{1cm}}' \underline{\hspace{1cm}}''$$

2. Визначити середні відліки на низ і на верх димаря з опорних точок 1 і 2.

$$\text{Вимірювання з точки 1: } n_{\text{сер}} = \underline{\hspace{1cm}}^\circ \underline{\hspace{1cm}}' \underline{\hspace{1cm}}'' \quad v_{\text{сер}} = \underline{\hspace{1cm}}^\circ \underline{\hspace{1cm}}' \underline{\hspace{1cm}}''$$

$$\text{Вимірювання з точки 2: } n_{\text{сер}} = \underline{\hspace{1cm}}^\circ \underline{\hspace{1cm}}' \underline{\hspace{1cm}}'' \quad v_{\text{сер}} = \underline{\hspace{1cm}}^\circ \underline{\hspace{1cm}}' \underline{\hspace{1cm}}''$$

3. Розрахувати дирекційні кути з опорних точок на центральні точки споруди

$$\text{Вимірювання з точки 1: } \alpha_{\text{н-сер}} = \underline{\hspace{1cm}}^\circ \underline{\hspace{1cm}}' \underline{\hspace{1cm}}'' \quad \alpha_{\text{в-сер}} = \underline{\hspace{1cm}}^\circ \underline{\hspace{1cm}}' \underline{\hspace{1cm}}''$$

Вимірювання з точки 2: $\alpha_{н-сер} = \underline{\quad}^{\circ} \underline{\quad}' \underline{\quad}''$ $\alpha_{в-сер} = \underline{\quad}^{\circ} \underline{\quad}' \underline{\quad}''$

4. Визначити значення кутів відхилень з опорних точок 1 і 2.

Вимірювання з точки 1: $\Delta\beta_1 = \underline{\quad}^{\circ} \underline{\quad}' \underline{\quad}''$

Вимірювання з точки 2: $\Delta\beta_2 = \underline{\quad}^{\circ} \underline{\quad}' \underline{\quad}''$

5. Визначення значень відстаней до центру димаря уверху і знизу

Вимірювання з точки 1: $S_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м.}$

Вимірювання з точки 2: $S_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м.}$

6. Визначити лінійну складову крену по

Вимірювання з точки 1: $l_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м.}$

Вимірювання з точки 2: $l_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м.}$

Лінійна результуюча крену із двох точок $K = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м.}$

7. Визначити кутову складову результуючої крену

$$\sigma = \underline{\quad}^{\circ} \underline{\quad}' \underline{\quad}''$$

8. Визначити кутову складову крену по напрямку на осьовий меридіан

9. Визначити висоту димаря

Вимірювання з точки 1: $H_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м.}$

Вимірювання з точки 2: $H_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м.}$

Середнє значення висоти димаря $H_{сер} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м.}$

10. Визначити допустимість крену споруди

$$K_{доп} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м} \leq 0,001 \text{ Н}$$

11. Зробити висновки по роботі

III. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота									Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2						30	100
T1	T2	T3	T5	T6	T7	T8	T9	T10		
6	7	7	8	8	8	8	9	9		

T1 – T10 – теми змістових модулів

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Критерії оцінки знань студентів на заліку

- „Зараховано” отримує студент, який набрав не менш ніж 60 балів за дисципліну протягом семестру.
- „Не зараховано” отримує студент, який набрав менше ніж 60 балів за дисципліну протягом семестру.
- До заліку не допускається студент, який набрав менше ніж 50 балів за навчальну роботу протягом семестру, не виконав і не здав всіх практичних робіт, не відвідував без поважних причин більшу частину лекцій.

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

IV. Список використаних джерел

1. Войтенко С. П. Інженерна геодезія : підручник / С. П. Войтенко – К. : Знання, 2009. – 57 с.
2. Геодезія / [Л. І. Ахоніна, Д. В. Брежнев, Ю. М. Гавриленко та ін.] ; за заг. ред. С. Г. Могильного, С. П. Войтенка. – Донецьк : ТОВ Технопарк ДонДТУ "УНІТЕХ", 2003. – Ч. І. – 458 с.
3. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва : ДБН А.2.1-1-2008. – [Чинний від 2008-07-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 74 с.
4. Инженерная геодезия / [Г. В. Багратуни, В. И. Ганьшин, Б. Б.Данилевич и др.] – М. : Недра, 1984. – 344 с.
5. Инженерная геодезия : учебник для вузов / Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман ; под ред. Д. Ш. Михелева. – М. : Изд. центр "Академия", 2004. – 480 с.
6. Интулов И. П. Инженерная геодезия в строительном производстве : учеб. пособ. для вузов / И. П. Интулов. – Воронеж : ВГАСУ, 2004. – 329 с.
7. Неумывакин Ю. К. Практикум по геодезии / Ю. К. Неумывакин, А. С. Смирнов. – М. : Недра, 1985. – 200 с.
8. Порицький Г. О. Геодезія : підручник / Порицький Г. О., Новак Б. І., Рафальська Л. П. – К. : Арістей, 2007. – 260 с. 13
9. Решетняк М. П. Інженерна геодезія / М. П. Решетняк. – К. : Урожай, 1996. – 223 с.
10. Федотов Г. А. Инженерная геодезия : учебник / Г. А. Федотов. – [2-е изд., исправл.]. – М. : Высш. шк., 2004. – 463 с.