

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва і архітектури
Кафедра «Геодезії та землеустрою»



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
з дисципліни «Інженерна геодезія»
для виконання курсового проекту на тему:
«Геодезичні роботи для проектування автомобільних доріг»
для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
освітня програма «Геодезія»
освітнього рівня – Магістр

ОДЕСА – 2018

Методичні вказівки розглянуті і рекомендовані до друку на засіданні науково-методичної комісії Інституту бізнесу та інформаційних технологій (Прот. №3 від 03.10. 2018 р.).

Методичні вказівки розглянуті і рекомендовані до друку на засіданні кафедри геодезії та землеустрою (Прот. № 3 від 25.10. 2018 р.).

Укладач:

Новосад Володимир Миколайович, кандидат технічних наук, доцент кафедри геодезії та землеустрою Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Рецензенти:

Хропот Сергій Григорович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри землеустрою та кадастру Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Дмитренко Микола Степанович, директор Одеського відділення інституту «Укргеоінформ»

Методичні вказівки з дисципліни «Інженерна геодезія» спрямовані на надання студентам допомоги при виконанні основних розділів курсової роботи і забезпечення ефективного засвоєння теоретичного курсу, наведено основні форми, призначені для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» спеціалізації «Геодезія» ступеня вищої освіти – Магістр.

Відповідальний за випуск:

Юрковський Ростислав Георгійович, кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри геодезії та землеустрою Одеської державної академії будівництва та архітектури

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Структура курсової роботи	5
2. Проектування та розрахунок основних елементів кривих	7
3. Розрахунок пікетажу траси	9
4. Проектування та розрахунок елементів перехідної кривої	11
5. Проектування та розрахунок основних елементів серпантину	13
6. Детальне розпланування горизонтальних кривих	15
7. Розрахунок позначок вертикальної кривої	16
8. Розпланування елементів віражу	19
9. Розрахунок елементів транспортної розв'язки у двох рівнях	20
10. Вказівки щодо оформлення та захисту курсової роботи	24
Список рекомендованої літератури	25

Вступ

Геодезичні роботи при будівництві автомобільних доріг допомагають виконати проект майбутньої автодороги так, щоб будівельники зробили її максимально надійною і стійкою до всіх негативних факторів. Тому кожна окрема сфера будівельних робіт має ряд особливостей і в галузі геодезії.

Укладач проектної документації будівництва автомобільних доріг повинен володіти певною інформацією про місцевість, на якій буде прокладена в майбутньому траса. Для цього, в обов'язковому порядку, необхідно виконати всі необхідні інженерні вишукування. Саме їх проведення дозволить отримати детальну інформацію про геологічні та гідрологічні умови, а також дозволить визначити найближчі місця видобутку таких необхідних будівельних матеріалів. Як і будь-який проект, технічний проект для будівництва автомобільних робіт починається з проведення камеральних робіт. В такому випадку, геодезисти складають топографічний план. При чому він може бути різних масштабів, залежно від місцевості, на якій планується будівництво.

Найбільш часто використовуваний масштаб топографічної зйомки – 1:10 000 - 1:25 000. Він застосовується для рівнинної місцевості. Горбиста місцевість передбачає проведення топозйомки в масштабі 1:5000 - 1:10 000.

Виконання курсової роботи з дисципліни “Інженерна геодезія” передбачено діючим навчальним планом та робочою програмою дисципліни з метою закріплення отриманих теоретичних знань та удосконалення набутих практичних навичок. Основною метою курсової роботи є засвоєння, поглиблення і розширення теоретичних і практичних знань студентів з виконання геодезичних робіт при вишукуваннях, проектуванні, будівництві та експлуатації автомобільних доріг та мостів. Основними завданнями що мають бути вирішені в процесі виконання курсової роботи має бути теоретична і практична підготовка студентів з наступних питань:

складання технічного проекту робіт; збір та аналіз геодезичної вивченості території будівництва, обґрунтування схеми вибору оптимального варіанту траси, попередній розрахунок точності розмічувальних робіт, технологія геодезичних вимірів; вивчення діючих ДБН та інших нормативно-правових документів.

Метою курсової роботи є самостійне поглиблене вивчення частини програмного матеріалу, його систематизація, узагальнення, закріплення, практичне застосування знань і вмінь, розвиток навичок самостійної роботи.

Крім методичних вказівок для виконання курсової роботи потрібно використовувати конспект лекцій, рекомендовану навчальну і нормативну літературу, креслярські матеріали і приладдя. Курсова робота є складовою частиною дисципліни «Інженерна геодезія» і повинна бути виконана в терміни, передбачені навчальним планом.

1. Структура курсової роботи

Для виконання курсової роботи необхідно вивчити:

а). методи трасування доріг, питання вибору оптимального варіанта траси, топографо-геодезичні роботи для вишукувань, застосування тахеометрів і гіротеодоліта для трасування, обґрунтування точності прив'язки трас доріг до пунктів геодезичної основи;

б). основні вимоги до проектування автомобільних доріг з точки зору забезпечення плавності руху на заданих швидкостях і з пропускнуою здатністю, питання відновлення траси в передбудівний період, розмічування кругових і перехідних кривих, земляного полотна, розрахунку та розмічування серпантинів, віражів, транспортних розв'язок тощо.

Для виконання курсової роботи використовується карта масштабу 1:10 000, на якій між зазначеними пунктами *A* і *B* двох доріг вибрати вигідну трасу автодороги III категорії включивши на косогірній частині трасування та розмічування симетричного або несиметричного серпантину, обчислити необхідні величини для його перенесення в натуру і скласти розмічувальне креслення. У місцях примикання запроектованої траси до автодороги необхідно запроектувати транспортну розв'язку у двох рівнях.

Дані методичні вказівки акцентують увагу студентів на необхідності вирішення питань, пов'язаних з проектуванням та розрахунком точності розмічувальних робіт у відповідності з вимогами нормативного документу.

Курсова робота складається з пояснювальної записки і графічної частини.

Пояснювальна записка складається з таких розділів:

1. Проектування та розрахунок основних елементів кривих
2. Розрахунок пікетажу траси
3. Проектування та розрахунок елементів перехідної кривої
4. Проектування та розрахунок основних елементів серпантину
5. Детальне розпланування горизонтальних кривих
6. Розрахунок позначок вертикальної кривої
7. Розпланування елементів віражу
8. Розрахунок елементів транспортної розв'язки у двох рівнях

Пояснювальна записка повинна мати необхідні ілюстрації.

Графічна частина курсової роботи включає схему запроектованої траси автомобільної дороги III категорії; схеми розмічувальних елементів серпантину та колових кривих і зразок картки закладки геодезичного пункту.

Завдання на курсову роботу видається студентам на термін, встановлений кафедрою згідно з учбовим планом. Для виконання курсової роботи видаються наступні вихідні дані:

1. Топографічна карта масштабу 1:10000 (або її копія), на якій нанесені 3 вихідні пункти триангуляції 1 – 3 класів
2. Категорія автомобільної дороги
3. Мінімальний радіус кривих в плані та профілі
4. Проектний ухил траси

ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ
„ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ”

на тему:

“Геодезичні роботи для будівництва автомобільних доріг”

Група _____ Студент _____

1. Описати загальні вимоги щодо проектування автомобільних доріг.
2. На карті масштабу 1:10 000 запроектувати для вказаної викладачем ділянки трасу автомобільної дороги.
3. Розбити пікетаж і обчислити за горизонталями відмітки пікетів і плюсових позначок.
4. Запроектувати проектну лінію для автомобільної дороги III категорії, дотримуючись основних умов:
 - а) балансу земляних робіт;
 - б) ухил проектної лінії не повинен бути більше 30‰.
5. Провести проектування та розрахунок елементів перехідної кривої
6. Виконати проектування та розрахунок основних елементів серпантину
7. Виконати детальне розпланування горизонтальних кривих
8. Провести розрахунок позначок вертикальної кривої
9. Запроектувати розпланування елементів віражу
10. Провести розрахунок елементів транспортної розв'язки у двох рівнях

Завдання видав _____

Завдання отримав _____

Дата _____

2. Проектування та розрахунок основних елементів кривих

Спочатку на карті масштабу 1:10 000 від пункту *A* до пункту *B* на ділянці вільного і напруженого ходів необхідно виконати камеральне трасування автомобільної дороги, керуючись допустимими значеннями радіусів горизонтальних кривих, керівних ухилів. При цьому враховується закладання

$$a = \frac{h_0}{I_k} \times \frac{1}{M} = \frac{20\text{м}}{0,5 \times 100000} = 0,0004 \quad (1)$$

де h_0 – висота перерізу рельєфу, мм; I_k – керівний ухил;
 M – знаменник масштабу карти.

Проектування на плані та профілі виконують за умови найменшого обмеження швидкості та забезпечення необхідної безпеки руху, а також мінімуму об'ємів земляних робіт. Тому при проектуванні намагаються зменшувати кут φ – повороту траси, використовуючи криві більшого радіусу, а в профілі не допускають різких переходів від одного ухилу до іншого.

Таблиця 1.

Необхідні нормативи для автодороги III категорії

Нормативи	Повздовжній ухил, ‰	Найменші радіуси кривих, м		
		горизонтальних	вертикальних (опуклих)	вертикальних (угнутих)
Основні	40	600	15000	5000
На важких ділянках пересічної місцевості	50	400	10000	3000
На важких ділянках гірської місцевості	70	125	2500	1500

На кривих у зв'язку з великою швидкістю руху транспорту прямі ділянки та кільцеві частини кривих з'єднують перехідними кривими. На автошляхах перехідні криві влаштовують при радіусах кривих 2000 м і менше.

Таблиця 2.

Допустимі найменші довжини перехідних кривих.

Радіус кругової кривої, м	30	50	60	80	100	150	200	250	300	400	500	600- 2000
Довжина перехідної кривої, м	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120

Після виконання варіантного трасування і остаточного вибору траси вимірюють кути повороту і за заданими параметрами кругових і перехідних кривих обчислюють їх основні елементи і пікетажні значення характерних точок траси. Точність обчислення – 0,01 м.

Обчислення основних елементів кругової кривої:

Основні елементи кругової кривої:

- Тангенс кругової кривої

$$T = R * tg\left(\frac{\varphi}{2}\right) \quad (2)$$

- Довжина кругової кривої

$$K = \frac{\pi R \varphi}{180^\circ} \quad (3)$$

- Бісектриса кругової кривої

-

$$B = \sqrt{R^2 * T^2 - R^2} \quad (4)$$

- Теоретична величина доміру

$$D = 2 * T - K \quad (5)$$

Приклад:

$$1) \varphi = 63^\circ \quad R_1 = 600\text{м}$$

$$T = 600 * tg\left(\frac{63^\circ}{2}\right) = 367,6\text{м}$$

$$K = \frac{3,14159 * 600 * 63^\circ}{180^\circ} = \frac{659,73}{2} = 329,87\text{м}$$

$$B = \sqrt{600^2 * 367,68^2} - 600 = 107,70 \text{ м}$$

$$D = 2 * 367,68 - 659,73 = \frac{75,63}{2} = 37,82$$

$$2) \varphi = 63^\circ \quad R_1 = 100 \text{ м}$$

$$T = 100 * \operatorname{tg}\left(\frac{86^\circ}{2}\right) = 93,25 \text{ м}$$

$$K = \frac{3,14159 * 100 * 84^\circ}{180^\circ} = \frac{150,10}{2} = 75,05 \text{ м}$$

$$B = \sqrt{100^2 * 93,25^2} - 100 = 36,73 \text{ м}$$

$$D = 2 * 93,25 - 150,10 = \frac{36,40}{2} = 18,20 \text{ м}$$

3. Розрахунок пікетажу траси

$$L_1 = 1375 \text{ м} \quad L_2 = 975 \text{ м} \quad L_3 = 950 \text{ м} \quad L_4 = 575 \text{ м}$$

$$1) \text{ ПСКК}_1 = L_1 - \frac{D}{2} = 1375 - 37,82 = 13 + 37,18$$

$$\text{ПСКК}_1 = \text{ПСКК}_1 - \frac{K}{2} = 1337,18 - 329,87 = 10 + 07,31$$

$$\text{ПСКК}_1 = \text{ПСКК}_1 + K_1 = 1007,31 + 659,73 = 16 + 67,04$$

$$2) \text{ ПСКС}_2 = L_1 + L_2 - D_1 + \frac{\Delta S}{2} = 1375 + 975 - 75,63 + 38,97 = 23 + 13,34$$

$$\text{ПКПС}_2 = \text{ПСКС}_2 - \frac{k}{2} - m - k = 2313,34 - 47,63 - 30 - 49,66 = 21 + 86,05$$

$$\text{ПККС}_2 = \text{ПКПС}_2 + (2 * k) + (2 * m) + K_0 = 2186,05 = 99,32 = 60 + 95,25 = 24 + 40,62$$

$$3) \text{ ПКСК}_3 = L_1 + L_2 + L_3 - D_1 + \frac{\Delta S}{2} = 1375 + 975 + 950 - 75,63 + 77,93 - 18,20 = 32 + 84,10$$

$$\text{ПКПК}_3 = \text{ПКСК}_3 - \frac{K}{2} = 3284,10 - 75,05 = 32 + 09,05$$

$$\text{ПККК}_3 = \text{ПКПК}_3 + K_2 = 3209,05 + 150,10 = 33 + 59,15$$

Кінець траси:

$$\text{ПККК}_3 - T_2 + L_4 = 3359,15 - 93,25 + 575 = 38 + 40,90$$

Побудову серпантину на плані (або на місцевості) починають з вершини 0 кута повороту траси, відклавши на сторонах кута φ відстані d . Кінцеві точки N_1 і N_2 цих відстаней визначають положення вершини додаткових кривих. Одночасно на продовженні сторін $0N_1$ і $0N_2$ відкладають тангенси допоміжних кривих і дістають точки A_1 і A_2 . Відклавши у вершині серпантину кут γ і радіус R , отримаємо точки C_1 і C_2 – початок і кінець основної кругової кривої. Нарешті теодолітом в точках N_1 і N_2 будують кут β і в напрямках $N_1 B_1$ і $N_2 B_2$ відкладають тангенси t (до точок B_1 і B_2) і прямі вставки, контролюючи цим положення точок C_1 і C_2 .

При правильній побудові розбіжність у положенні цих точок не повинна перевищувати 1 мм на плані та $\frac{1}{500}$ відстаней $N_1 B_1$ ($N_2 B_2$) на місцевості. Крім того, в точках N_1 і N_2 будують бісектриси допоміжних кривих і отримують їх середини. За цими основними точками серпантину закінчують графічну побудову на плані й виконують розмічування на місцевості. Пікетажні значення основних точок серпантину обчислюють на основі пікетажного значення ПК_0 вершини серпантину за формулами:

$$\text{ПК}_0 = \text{ПККК} - T_1 + L_2 = 1667,04 - 367,68 + 975 = 22 + 74,36 \quad (6)$$

$$\text{ПК}_{A1} = \text{ПК}_0 - (d_1 + t_1) = 2274,36 - (62,96 + 25,36) = 21 + 86,04 \quad (7)$$

$$\text{ПК}_{B1} = \text{ПК}_{A1} + k_1 = 2186,04 + 49,66 = 22 + 35,70 \quad (8)$$

$$\text{ПК}_{B2} = \text{ПК}_{C2} + m_2 = 2360,95 + 30 = 23 + 90,95 \quad (9)$$

$$\text{ПК}_{A2} = \text{ПК}_{B2} + k_2 = 2390,95 + 49,66 = 24 + 40,61 \quad (10)$$

$$\text{ПК}_{C1} = \text{ПК}_{C1} + m = 2235,70 + 30 = 22 + 65,70 \quad (11)$$

$$\text{ПК}_{C2} = \text{ПК}_{C1} + K_0 = 2265,70 + 95,25 = 23 + 60,95 \quad (12)$$

$$\text{ПК}'_0 = \text{ПК}_{A2} - (d_1 + t_1) = 2440,61 - (25,36 + 62,96) = 23 + 52,29 \quad (13)$$

Контроль:

$$D_c = (k_1 + k_0 + k_2 + m_1 + m_2) - (d_1 + d_2 + t_1 + t_2) = 77,93$$

$$\text{ПК}''_0 = 2274,36 + 77,93 = 23 + 52,29$$

4. Проектування та розрахунок елементів перехідної кривої

1) $\varphi = 63^\circ$ $R = 600$ м $L = 120$ м
 $T = 367,68$ м $K = 659,73$ м $B = 107,70$ м $D = 75,63$ м
Величина зсуву:

$$P = \frac{L^2}{(24 \cdot R) \cdot \left(1 - \frac{L^2}{112R^2}\right)} = \frac{120^2}{(24 \cdot 600) \cdot \left(1 - \frac{120^2}{112 \cdot 600^2}\right)} = 1,00 \text{ м} \quad (14)$$

центральный кут другої частини клотоїди

$$\psi_L = \frac{L}{2(R + P)} \cdot \rho^\circ = \frac{120 \cdot 57,296^\circ}{2 \cdot (600 + 1)} = 5^\circ 43,2' \quad (15)$$

кут повороту кругової (залишкової) кривої

$$\varphi_K = \varphi - \psi_L = 63^\circ - 2 \cdot 5^\circ 43,2' = 51^\circ 33' 36'' \quad (16)$$

довжина залишкової частини кругової кривої

$$K = \frac{\pi R \varphi_K}{180^\circ} = \frac{3,14159 \cdot 600 \cdot 51^\circ 33' 36''}{180^\circ} = 539,66 \text{ м} \quad (17)$$

приріст тангенса

$$T_P = P \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 1 \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{63^\circ}{2} \right) = 0,61 \text{ м} \quad (18)$$

параметри тангенса кругової кривої з клотоїдою

$$t_1 = \frac{L}{2} \left(1 + \frac{L^2}{30R^2} \right) = 60 \cdot \left(1 + \frac{120^2}{30 \cdot 600^2} \right) = 60,08 \text{ м} \quad (19)$$

$$t_2 = \frac{L}{2} \left(1 - \frac{L^2}{12R^2} \right) = 59,08 \text{ м} \quad (20)$$

перехідний тангенс

$$T_\Pi = T + T_P + t_1 = 367,68 + 0,61 + 60,08 = 428,37 \text{ м} \quad (21)$$

довжина зміщеної кривої (кругової з перехідними)

$$K_{\pi} = K + 2T_p + L = 659,73 + 1,22 + 120 = 781,10\text{м} \quad (22)$$

бісектриса зміщеної кривої

$$B_{\pi} = B + \frac{P}{\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)} = 107,10 + \frac{1}{\cos\left(\frac{63^{\circ}}{2}\right)} = 125,61\text{м} \quad (23)$$

Домір

$$D_{\pi} = 2T_{\pi} - K_{\pi} = D + (2t_1 - L) = 2 \cdot 428,37 - 780,95 = 75,79 \quad (24)$$

$$D_{\pi} = D + (2 \cdot t - L) = 75,63 + (2 \cdot 60,08 - 120) = 75,79\text{м} \quad (25)$$

Пікетажне значення вершини кута (ВК) повороту траси:

$$BK = PK_1 + T_1 = 1007,33 + 367,68 = 13 + 75,01$$

Пікетажні значення початку та кінця перехідної кривої:

ВК	13+75,01	ВК	13+75,01
<u>-T_п</u>	<u>4+28,37</u>	<u>+T_п</u>	<u>4+28,37</u>
ППК	9+46,63		18+03,38
<u>+K_п</u>	<u>7+81,10</u>	<u>-D_п</u>	<u>0+75,79</u>
КПК	17+27,73	КПК	17+27,73

5. Проектування та розрахунок основних елементів серпантину

На практиці здебільшого використовують симетричні та несиметричні серпантини. При проектуванні автодороги на косогірних ділянках місцевості застосовують серпантини, керуючись граничними нормами

Таблиця 3

Граничні норми

№	Елемент серпантину	Одиниця	Розрахункова швидкість руку, км/год		
			30	20	15
1	Найменший радіус	м	30	20	15
2	Поперечний ухил проїжджої частини на віражі	‰	60	60	60
3	Довжина перехідної кривої (прямої вставки)	м	30	25	20
4	Найбільший повздовжній ухил	‰	30	35	40
5	Розширення проїжджої частини	м	2	2,5	3
6	Відстань між початком спряжених сусідніх серпантинів	м	250	100	50

Для проектування серпантину задають додатково такі величини:

- радіуси допоміжних кривих r_1 і r_2 ($r = 100\text{м}$);
- довжину прямої вставки $m = 30\text{ м}$;
- ширину кювету по верху $D = 2\text{м}$;
- розширення проїжджої частини на кривих $\Delta b = 2\text{м}$;
- крутість укосів насипу та виїмок 1:2 (м'який пісок).

Основні елементи серпантину симетричний, тому радіус r_1 і r_1 рівні і прямі вставки m_1 і m_2 однакові.

Вихідні дані:

$$\varphi = 55^\circ \quad r = 100\text{м} \quad m = 30\text{м} \quad R = 30\text{м}$$

Кут повороту допоміжної кривої:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_i}{2} = \frac{-m_i + \sqrt{m_i^2 + R(2r_i + R)}}{2r_i + R} = \frac{-30 + \sqrt{30 \cdot 30 + (2 \cdot 100 + 30) \cdot 30}}{2 \cdot 100 + 30} = 0,25355482$$

$$\beta = 2 \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{\beta}{2} \right) = 28^\circ 27' 20''$$

Тангенс допоміжної кривої:

$$K = \frac{\pi \cdot r \cdot \beta}{180^\circ} = \frac{3,14159 \cdot 100 \cdot 28^\circ 27' 20''}{180^\circ} = 49,66 \text{ м}$$

$$D_1 = \frac{R}{\sin \beta} = \frac{30}{\sin 28^\circ 27' 20''} = 62,92$$

$$D_2 = \frac{(m + t)}{\cos \beta} = \frac{(30 + 25,36)}{\cos 28^\circ 27' 20''} = 62,97 \text{ м}$$

$$\Delta D = D_1 - D_2 = 62,96 - 62,97 = -0,01 \text{ м}$$

Необхідно визначити кут γ :

$$\gamma = 90^\circ - \beta = 90^\circ - 28^\circ 27' 20'' = 61^\circ 32' 40''$$

$$\varphi_0 = 360^\circ - 2\gamma - \varphi = 360^\circ - 2 \cdot 61^\circ 32' 40'' - 55^\circ = 181^\circ 54' 40''$$

Подовження:

$$\Delta S = 2 \cdot (k + m) + K_0 - 2(t + d) = 2(49,66 + 30) + 995,25 - 2(25,36 + 62,96) = 77,93 \text{ м}$$

$$K_0 = \frac{3,14159 \cdot 30 \cdot 181^\circ 54' 40''}{180^\circ 00' 00''} = 95,25 \text{ м}$$

Довжина основної кривої:

6. Детальне розпланування горизонтальних кривих

Детальне розпланування горизонтальних кривих з перехідними кривими виконують аналогічно до розпланування горизонтальних кривих. Виконаємо розпланування горизонтальних кривих способом прямокутних координат від тангенса (вісь Х співпадає з лінією тангенса, вісь Y перпендикулярна їй, початок координат – пікет початку перехідної кривої) необхідні координати точок беремо з [1].

Виконуємо детальне розмічування кругової кривої КК1.

Шаг розмічування визначаємо за формулою:

$$l = \sqrt{8R\Delta} \quad (26)$$

R – радіус кривої; $\Delta = 0,05\text{м.}$ $l = \sqrt{8 \cdot 600 \cdot 0,05} = 15\text{м.}$

Таблиця 4

Розрахунок основних елементів горизонтальної кругової кривої

	Пікетаж	К	Від тангенсу	
			Х	Y
ПК ППК1	9 + 46,63	0	0	0
	9 + 50,00	3,37	3,37	0
	9 + 65	18,37	18,37	0,01
	9 + 80,00	33,37	33,37	0,08
	9 + 95,00	48,37	48,37	0,28
	10 + 10,00	63,37	63,37	0,59
	10 + 25,00	78,37	78,37	1,09
	10 + 40,00	93,37	93,37	1,88
	10 + 55,00	108,37	107,37	2,92
ПК КПК1	10 + 66,63	120	119,88	4

7. Розрахунок позначок вертикальної кривої

Для детального розпланування вертикальної кривої на місцевості її задають проектними позначками. На профілі переломи поздовжнього профілю доріг з'єднують вертикальними круговими кривими. Розрізняють опуклі і вгнуті вертикальні криві.

Таблиця 5

Вихідні дані:

№ проектної лінії	Ухил	Номери кривих	Радіус кривої R, м	Позначка перелому профілю Н _м
1	0,0141	Початок		195
		ВВК1	15000	206,14
2	-0,0228	ВВК2		172,02
		ВВК3		145,02
3	-0,029	ВВК3		145,02
4	-0,0138	Кінець		120,8

Основні елементи обчислюються за формулами:

Крива №1

– тангенс

$$T = \frac{R}{2}(I_1 - I_2) = 276,75\text{м} \quad (27)$$

– крива

$$K \approx R(I_1 - I_2) = 553,50\text{м} \quad (28)$$

– бісектриса

$$B = \frac{T^2}{2R} = 2,55\text{м} \quad (29)$$

– середина кривої

$$H_c = H_B - B = 203,59\text{м} \quad (30)$$

Крива №2

– тангенс

$$T = \frac{R}{2}(I_1 - I_2) = 46,50\text{м}$$

– крива

$$K \approx R(I_1 - I_2) = 93,00\text{м}$$

– бісектриса

$$B = \frac{T^2}{2R} = 0,07\text{м}$$

– середина кривої

$$H_c = H_B - B = 171,75\text{м}$$

Таблиця 6

Розрахунок основних елементів вертикальних кривих

Номер кривої	T, м	K, м	Б, м	Середина кривої, м
(Формули)	$T = \frac{R}{2}(I_1 - I_2)$	$K \approx R(I_1 - I_2)$	$B = \frac{T^2}{2R}$	$H_c = H_B - B$
ВВК1	276,75	553,5	2,55	203,59
ВВК2	46,5	93	0,07	171,75
ВВК3	23,75	47,5	0,06	144,96

Позначку H_i будь якої проміжної точки кривої обчислюємо за формулою:

якщо $x_1 \leq T$, то $H_1 = H_B - (T - x_1)I_1 \frac{x_1^2}{2R}$ (31)

де x_i – дорівнює тангенсу вертикальної кривої;

x_i – розмічувальна величина;

якщо $2T \geq x_i > T$, то

$$H_i = H_B - (T - x_i)I_2 \pm \frac{(2T - x_i)^2}{2R} \quad (32)$$

де x_i – абсциса (віддалення) точки від початку кривої (згідно з пікетажем),
R – радіус вертикальної кривої.

Виконаємо розпланування вертикальної кривої ВВК1, розбивши її на ділянки, шаг розмічування визначаємо за формулою:

$$l = \sqrt{8R\Delta}$$

де R – радіус кривої; $\Delta = 0,05\text{м}$. $H_B = 203,59\text{м}$; $T = 276,75\text{м}$; $R = 15000\text{м}$; $I_1 = 0,0141$; $I_2 = -0,0228$; $L = 20\text{м}$;

Розрахунок позначок вертикальної кривої ВКК1

	Пікетаж	Нт	У	Нкр
ПК ПВК	5 + 28,35	0	0	202,24
	5 + 40,00	202,43	0,1	202,42
	5 + 60,00	202,67	0,5	202,62
	5 + 80,00	202,89	0,12	202,77
	6 + 00,00	203,11	0,21	202,9
	6 + 20,00	203,32	0,33	202,99
	6 + 40,00	203,53	0,48	203,05
	6 + 40,00	203,7	0,65	203,05
	6 + 80,00	203,91	0,85	203,06
	7 + 00,00	204,11	1,08	203,08
	7 + 20,00	204,58	1,33	203,25
	7 + 40,00	204,97	1,61	203,36
	7 + 60,00	205,35	1,92	203,43
	7 + 80,00	205,78	2,25	203,53
	8 + 00,00	206,01	2,46	203,55
ПК СВК	8 + 05,10	206,14	2,55	203,59
	8 + 20,00	205,94	2,46	203,48
	8 + 40,00	205,71	2,25	203,46
	8 + 60,00	205,26	1,92	203,34
	8 + 80,00	204,81	1,61	203,2
	9 + 00,00	204,34	1,33	203,01
	9 + 20,00	203,89	1,08	202,81
	9 + 40,00	203,35	0,85	202,5
	9 + 60,00	202,89	0,65	202,24
	9 + 80,00	202,41	0,48	201,93
	10 + 00,00	202,03	0,33	201,7
	10 + 20,00	201,64	0,21	201,4
	10 + 40,00	201,25	0,12	201,13
	10 + 60,00	200,75	0,5	200,7
	10 + 80,00	200,28	0,1	200,27
ПК КВК	10 + 81,85	0	0	199,83

8. Розпланування елементів віражу

На кривих з радіусом, меншим за 200 метрів, влаштовують віраж з односхильним профілем. Від двосхилого профілю до односхилого переходять на перехідній кривій. Поперечний ухил обочини на віражах приймають однаковим уклону проїжджої частині дороги. Від нормального уклону обочини до уклону двосхилого профілю проїжджої частини переходять протягом 10 метрів до початку відгону віражу.

Розрахунок позначки проїжджої частини та обочини на кривій : КК1

Вихідні дані:

$b = 7\text{м}; \Delta b = 0,5\text{м}; a = 2\text{м}; i_1 = 0,02\text{м}; i_2 = 0,04\text{м}; L = 120\text{м};$

$l = -0,0228; V = 60\text{км/год}; R = 600\text{м}; H_{\text{ПКППК1}} = 201,55\text{м}.$

За 10 м до початку віражу край брівки підіймається до рівня проїжджої частини

$$\sigma = a(i_2 - i_1) = 0,04\text{м};$$

Тоді позначки точок на початку віражу

$$H_A = H_E = 201,55 + 0,04 = 201,59\text{м}$$

$$H_B = H_D = 201,59 + (2 \cdot 0,02) = 201,63\text{м}$$

$$H_C = 201,59 + (2 + 3,5) \cdot 0,02 = 201,66\text{м}$$

Теоретичний попередній уклон на віражі:

$$l_{\text{теор}} = 0,079 \frac{V^2}{R} = 0,079 \frac{60^2}{600} = 0,0474 \approx 0,05 \quad (33)$$

Таблиця 8

Розрахунок позначок перерізів віражу

E'	D'	C'	B'	A'	
198,02	197,92	197,75	197,55	197,47	120
198,62	198,54	198,42	198,23	198,16	100
199,21	199,16	199,07	198,91	198,84	80
199,81	199,78	199,72	199,59	199,53	60
200,4	200,39	200,36	200,27	200,21	40
201	201,01	200,99	200,95	200,9	20
201,59	201,63	201,66	201,63	201,59	0
E	D	C	B	A	

9. Розрахунок елементів транспортної розв'язки у двох рівнях

В основу проекту беруть відомий варіант перетину під назвою «лист конюшини». Кут φ перетину доріг нормується в межах $90^\circ \pm 10^\circ$. Схему однієї вітки розв'язки (із чотирьох) показано на схемі «Схема розмічення транспортної розв'язки». Розпланувальні величини визначають з прив'язкою до точки перетину осей. Задавшись радіусом $R = 80\text{м} + 17\text{м} = 97\text{м}$ та вимірявши кут φ перетину осей $\varphi = 92^\circ$, обчислюють тангенс:

$$T = R \tan \frac{\varphi}{2} \quad (34)$$

а також прямокутні координати точок В і відносно точки Р

$$X_B = T + l_1 = T + \sqrt{R^2 - \left(R - \frac{B_1}{2}\right)^2} \quad (35)$$

$$X_C = T + l_2 = T + \sqrt{R^2 - \left(R - \frac{B_2}{2}\right)^2} \quad (36)$$

$$Y_B = \frac{B_1}{2} \quad (37)$$

$$Y_C = \frac{B_2}{2} \quad (38)$$

де B_1 і B_2 – ширини земляного полотна дороги.

Для розпланування цих точок способом полярних координат з центра О кривої обчислюють кут δ , що дає змогу обчислити центральний кут Θ і довжину дуги К. Уклон з'їзду не повинен перевищувати 30%. Щоб виконувалася дана вимога, значення уклону регулюється радіусом з'їзду, виходячи з формули:

$$I = \frac{H_C - H_B}{K_{BC}} \quad (39)$$

Позначки H_C і H_B обчислюють за формулами:

$$H_B = H_{\text{ВЕРХ}}^P + X_B \cdot I_1 - \frac{B_{1,2}}{2} \cdot I_{H1} \quad (40)$$

$$H_c = H_{\text{НИЖ}}^P + X_c \cdot I_2 - \frac{B_{1,2}}{2} \cdot I_{H2} \quad (41)$$

Таблиця 9

Вихідні данні:

№	Назва елементів	Позначення	Значення	Одиниці
1	Кут перетину осей	φ	84	°
2	Радіус кривини доріг	R	93	м
3	Ширина земляного полотна дороги	B ₁	11	м
4	Ширина земляного полотна існуючої дороги (з обочиною)	B ₂	11	м
5	Позначка т. верхня з повздовжнього профілю	$H_{\text{Р}}^{\text{ВЕРХ}}$	120,8	м
6	Позначка т. нижня з карти	$H_{\text{Р}}^{\text{НИЖ}}$	116,09	м
7	Ухил проектуємої дороги	I ₁	-0,0138	
8	Ухил існуючої дороги до якої примикають	I ₂	0	
9	Поперечні ухили покриття	I _{н1}	0,02	
10	з'єднувальних доріг	I _{н2}	0,02	

Обчислення:

$$T = Rtg \frac{\varphi}{2} = 83,74 \text{ м}$$

$$X_B = X_C = T + l_{1,2} = T + \sqrt{R^2 - \left(R - \frac{B_{1,2}}{2}\right)^2} = 211,43 \text{ м}$$

$$Y_B = Y_C = \frac{B_{1,2}}{2} = 5,5 \text{ м}$$

$$\delta_1 = \delta_2 = \delta = \arccos\left(1 - \frac{B}{2R}\right) = 21^\circ 36' 51''$$

$$\theta = 180^\circ + \varphi - (\delta_1 + \delta_2) = 220^\circ 46' 17''$$

$$K_{BC} = \frac{\pi R \theta}{180} = 358,35 \text{ м}$$

$$H_B = H_{\text{БЕРХ}}^P + X_B \cdot I_1 - \frac{B_{1,2}}{2} \cdot I_{H1} = 119,02 \text{ м}$$

$$H_C = H_{\text{НИЖ}}^P + X_C \cdot I_2 - \frac{B_{1,2}}{2} \cdot I_{H2} = 115,98 \text{ м}$$

$$I = \frac{H_C - H_B}{K_{BC}} = -0,008 < \pm 0,03$$

Розрахунок величин, потрібних для перенесення проекту в натуру:

Центр О з'їзду розплановують за допомогою прямокутних координат (X_A , R) або (X_B , R), тобто $X_0 = X_A = T = 83,774 \text{ м}$, $Y_0 = R = 93 \text{ м}$.

Кругову криву розмічуємо методом прямокутних координат від хорди кривої. Довжина дуги для забезпечення достатньої кривини кривої:

$$l = \sqrt{8 \cdot R \cdot f} = \sqrt{8 \cdot 93 \cdot 5} = 61 \text{ м}$$

Кількість відрізків:

$$n = \frac{K_{BC}}{l} = \frac{358,35}{61} \approx 6$$

Довжина відрізка на хорді:

$$N = \sqrt{8 \cdot R \cdot 0,05} = 6 \text{ м}$$

Кількість точок на кривій:

$$n = \frac{l}{N} = 10$$

Центральний кут:

$$y_i = \frac{N \cdot 180}{\pi \cdot R} = 3^\circ 41' 47''$$

Кут при хорді:

$$\beta = \frac{180^\circ - \sum y_i}{2} = 71^\circ 31' 04''$$

Кут повороту осі:

$$\theta = 360 - 2 \cdot \beta = 216^\circ 57' 04''$$

Координати визначаємо за формулами:

$$X_i = C_i \cdot \cos a_i \cdot C_i = 2 \cdot R \cdot \sin \frac{y_i}{2} \quad (42)$$

$$X_i = C_i \cdot \cos a_i \cdot a_i = \left(90^\circ - \frac{y_i}{2}\right) - \beta \quad (43)$$

Таблиця 10

Розпланування транспортної розв'язки у двох рівнях

№ точки	y_i			β			a_i			C_i	X_i	Y_i
		'	"		'	"						
1	3	41	47	71	31	4	16	38	2,5	6	5,75	1,72
2	7	23	34				14	47	9	11,99	11,59	3,06
3	11	5	21				12	56	15,5	17,97	17,51	4,02
4	14	47	8				11	5	22	23,93	23,48	4,6
5	18	28	55				9	14	28,5	29,87	29,48	4,8
6	22	10	42				7	23	35	35,77	35,47	4,6
7	25	52	29				5	32	41,5	41,64	41,44	4,02
8	29	34	16				3	41	48	47,47	47,37	3,06
9	33	16	3				1	50	54,5	53,24	53,21	1,72
10	36	57	50				0	0	0	58,96	0	0

10. Вказівки щодо оформлення та захисту курсової роботи

Курсова робота виконується студентом самостійно. Вона повинна бути написана (надрукована) акуратно, розбірливо, без помарок та виправлень на стандартних аркушах паперу формату А4 з однієї сторони аркуша. Текст повинен супроводжуватися необхідними розрахунками, таблицями та рисунками, а також містити відповідні пояснення, обґрунтування та висновки.

В тексті обов'язково повинні бути посилання на використані літературні джерела, а також на приведені таблиці та рисунки. Таблиці та рисунки приводити у порядку посилання на них після сторінки, на якій було посилання. Графічні матеріали представляються у вигляді креслень, оформлених або з використанням ЕОМ або вручну за допомогою олівців відповідної твердості та лінійок. З лівої сторони аркуша відступ повинен становити 25мм, зверху та знизу – 20 мм, справа – 10мм. Відстань між рядками тексту – півтора інтервали. Між заголовками і текстом слід залишати один інтервал. Нумерацію сторінок виконати, починаючи з титульної. Номер сторінки ставиться у правому верхньому кутку аркуша на всіх сторінках, крім титульної.

Аркуші курсової роботи брошуруються у вигляді книжки, з оформленням титульної сторінки. Виконана і належним чином оформлена курсова робота здається на перевірку викладачеві: - студентами денної форми навчання не пізніше 15 днів до підсумкового контролю; - студентами заочної форми навчання не пізніше 30 днів до іспитової сесії.

В результаті перевірки курсова робота може бути:

- допущена до захисту;
- допущена до захисту після виправлень зауважень викладача;
- повернута на доопрацювання.

Курсова робота є окремим заліковим кредитом і оцінюється як самостійний вид навчальної діяльності студента після її захисту. При захисті курсової роботи оцінюється знання студентом теоретичного матеріалу курсової роботи, практичні навички та вмінні здійснювати практичні розрахунки, графічні побудови за темою курсової роботи при розв'язанні аналогічних завдань. Студент повинен вміти пояснити хід розрахунку та провести аналіз отриманих результатів.

Список рекомендованої літератури

1. Баран П. І. Інженерна геодезія. – Київ: вид. ВІПОЛ, 2012. - 618 с.
2. Войтенко С.П. Інженерна геодезія. Підручник.-К. Знання. 2012 – 576 с.
3. ДБН В.1.3 – 2:2010. Геодезичні роботи в будівництві. К. Мінрегіонбуд України. 2010. -69 с.
4. Кузьмін В.І. Інженерна геодезія в дорожньому будівництві. – К.: Вища школа, 2006. – 278 с.
5. Новосад В. М. Конспект лекцій з дисципліни інженерна геодезія (спецкурс) спеціального виду діяльності «Автомобільні дороги та аеродроми». Одеса: ОДАБА, 2014. – 76 с.
6. Стукальський В.П., Шаргар О.М. Основи інженерної геодезії. Навчальний посібник. – Одеса: ВМВ, 2015. – 232 с.
7. Тревого І. С. Інженерно-геодезичні роботи в мосто-і тунелебудуванні: Конспект лекцій / Тревого І. С. - Львів: Львівська політехніка, 2014. – 120 с.