

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсових проектів з дисципліни
**«Вишукування та проектування автомобільних
доріг та штучних споруд»**

для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(освітня програма «Автомобільні дороги, вулиці та дорожньо-транспортні споруди»)

СУЯ ВНТУ -08-11-МВ.139.01:24

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсових проектів з дисципліни
**«Вишукування та проектування автомобільних
доріг та штучних споруд»**

для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(освітня програма «Автомобільні дороги, вулиці та дорожньо-транспортні споруди»)

ВІННИЦЯ
ВНТУ
2024

Рекомендовано до видання Радою з якості освіти Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 3 від 24.10.2024 р.)

Рецензенти:

Ольга ПАНКЕВИЧ, кандидат технічних наук, доцент

Тамара МАКАРОВА, кандидат економічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Вишукування та проектування автомобільних доріг та штучних споруд» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітня програма «Автомобільні дороги, вулиці та дорожньо-транспортні споруди»)/ Уклад.: В.О. Попов, М.А. Максименко, – Вінниця: ВНТУ, 2024. – 45 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно до освітньо-професійної програми вищої освіти зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія. Наведено рекомендації до практичних завдань і самостійної роботи з навчальної дисципліни «Вишукування та проектування автомобільних доріг та штучних споруд», що містять розрахункову і графічну частину.

Наведений порядок виконання завдань з короткими теоретичними відомостями, рекомендаціями, графічними прикладами, а також нормативними даними щодо виконання необхідних розрахунків та виконання креслень.

ВСТУП

Проектування автомобільних доріг та штучних споруд є важливим етапом у створенні сучасної транспортної інфраструктури, що забезпечує ефективне сполучення між населеними пунктами та сприяє розвитку економіки. Правильний вибір траси, конструктивних елементів дороги, інженерних споруд і матеріалів впливає на безпеку руху, довговічність об'єкта та мінімізацію витрат на його будівництво та експлуатацію.

Даний курсовий проект передбачає виконання комплексу інженерних вишукувань і розробку проектних рішень для забезпечення відповідності автомобільної дороги сучасним вимогам. Основною метою роботи є набуття студентами практичних навичок у сфері трасування, розрахунків параметрів дороги, проектування штучних споруд, а також застосування нормативних документів та сучасних методів у галузі дорожнього будівництва.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Курсовий проєкт виконується відповідно до навчальної програми дисципліни «Вишукування та проєктування автомобільних доріг та штучних споруд» і спрямований на формування професійних компетентностей студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» освітньої програми «Автомобільні дороги, вулиці та дорожньо-транспортні споруди».

Метою курсового проєкту є набуття студентами практичних навичок з трасування автомобільних доріг, проведення інженерних розрахунків та проєктування штучних споруд відповідно до чинних нормативних вимог. У рамках роботи студенти розвивають вміння аналізувати топографічні та геологічні умови місцевості, виконувати розрахунки елементів дороги та розробляти конструктивні рішення для підвищення безпеки та довговічності транспортної інфраструктури.

Досягнення мети передбачає вирішення таких завдань:

- Ознайомлення з методами інженерних вишукувань і вибір оптимального варіанту траси дороги.
- Виконання трасування дороги з урахуванням рельєфу, ґрунтових умов і транспортних вимог.
- Розрахунок параметрів дороги (поздовжнього профілю, поперечного нахилу, радіусів кривих тощо).
- Проєктування основних штучних споруд (мостів, труб, підпірних стінок) з урахуванням навантажень і нормативних вимог.
- Оцінка екологічного впливу проєктованої дороги та розробка заходів щодо зменшення негативного впливу на довкілля.
- Оформлення пояснювальної записки та графічної частини проєкту відповідно до стандартів.

Проєкт спрямований на закріплення теоретичних знань та розвиток інженерного мислення студентів, що необхідно для їхньої майбутньої професійної діяльності у сфері дорожнього будівництва.

Результатом виконання курсового проєкту є розробка пояснювальної записки та графічної частини, що включає план дороги, профіль, поперечні перерізи та креслення штучних споруд.

Цей проєкт сприяє закріпленню теоретичних знань і розвитку інженерного мислення, що є необхідним для майбутньої професійної діяльності випускників у сфері дорожнього будівництва.

1. СКЛАД КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

На виконання курсового проекту відводиться 60 годин, або 2 кредити ЄКТС. При виконанні курсового проекту обов'язково повинні бути використані такі елементи:

1. Пояснювальна записка.

1.1 Титульний лист. (Додаток А)

Титульний аркуш є першою сторінкою курсового проекту, яка не нумерується. Згідно з діючим стандартом титульний аркуш виконується за встановленим зразком. Зразок титульного аркушу пропонується у додатку А.

На титульному аркуші для курсових проектів подаються: тема курсового проекту; запис «Пояснювальна записка ...» із зазначенням спеціальності, умовне позначення згідно з прийнятою системою (див. далі); перераховується науковий ступінь та звання керівника. Підписи керівника та студента із зазначенням термінів обов'язкові.

Для курсових проектів доцільною є предметна система умовних позначень, яка має таку структуру:

XX-XX.XXX.XXX.XX.XXX XX
└──┬──┬──┬──┬──┬──┬──┘
1 2 3 4 5 6

Де 1 (XX-XX) – числовий шифр кафедри, прийнятий у ВНТУ (08-53);

2 (XXX) – умовне скорочення для дисципліни (БІКС – Безпека інформаційно-комунікаційних систем);

3 (XXX) – перша цифра 0, якщо це проект або 1, якщо робота, друга і третя цифри означають рік, наприклад, 23 – 2023 рік);

4 (XX) – варіант завдання на курсовий проект (наприклад, 01, 02, . . . , 99);

5 (XXX) – перший символ – номер групи (1 або 2), наступні два символи задають номер студента за списком у журналі академічної групи;

6 (XX) – код документа (ПЗ – пояснювальна записка, ТЗ – технічне завдання, ГЧ – графічна частина).

Слід зазначити, що робота, яка подається у вигляді копії, до захисту не приймається.

1.2 Завдання на проектування (Додаток Б)

Конкретний зміст кожного курсового проекту (КП) та етапи його виконання визначає керівник на підставі індивідуального завдання, затвердженого завідувачем кафедри не пізніше ніж через два тижні після початку навчального семестру.

Керівник видає індивідуальне завдання до курсового проекту. Це завдання не включається до переліку змісту пояснювальної записки і має бути розміщене другою сторінкою після титульного аркуша. Зразок індивідуального завдання до курсового проекту наведено в додатку Б.

Керівник проекту пропонує зміст пояснювальної записки. В навчальних цілях зміст може бути уточнений або висвітлений в індивідуальному завданні.

Залежно від специфіки дисципліни, керівник курсового проєкту може запропонувати тему, яка потребує детального обґрунтування та розробки індивідуального завдання. Індивідуальне завдання до курсового проєкту повинно містити дату видачі, підписи керівника та студента.

Індивідуальне завдання до курсового проєкту має бути підготовлене студентом протягом двох тижнів після початку навчального семестру. Завдання підписується викладачем, який його видав, і студентом, який прийняв його до виконання.

1.3 Анотація.

Анотація призначена для ознайомлення з текстовим документом курсового проєкту. Вона має коротко характеризувати мету роботи, засоби, використані для досягнення поставленої мети, та містити стисло інформацію про досягнуті результати. Обсяг анотації повинен становити приблизно 1/3 сторінки.

Анотація подається двома мовами: українською та англійською. Її розміщують на окремій сторінці після індивідуального завдання, починаючи з нової сторінки (третьої), номер якої не зазначається.

1.4 Зміст з вказанням сторінок (Додаток В)

Зміст розташовують на новій сторінці після анотації. У змісті вказують:

- вступ;
- послідовно перелічені назви всіх розділів і підрозділів;
- висновки;
- список літератури;
- назви додатків із зазначенням сторінок.

До змісту не включають: титульний аркуш, індивідуальне завдання, анотацію та графічну частину. Нумерація у змісті починається зі вступу (відповідно до нумерації в пояснювальній записці). Сам зміст у структурі пояснювальної записки є четвертою сторінкою. Нумерація сторінок документа повинна бути наскрізною.

Назви заголовків у змісті мають точно відповідати заголовкам у тексті пояснювальної записки. Для спрощення формування змісту бажано використовувати автоматичні засоби текстового редактора

1.5 Вступ

Вступ розпочинають з нової пронумерованої сторінки із заголовком «ВСТУП», який вирівнюють по центру і виконують великими літерами, напівжирним шрифтом.

Текст вступу має бути стислим і висвітлювати такі аспекти:

Актуальність: опис сучасного стану проблеми у відповідній галузі (наприклад, забезпечення безпеки інформаційно-комунікаційних систем, захист інформації тощо). В останньому абзаці слід стисло подати сутність обраної розробки.

Призначення та галузь застосування: зазначення основної сфери використання розробки.

Об'єкт і предмет курсового проєктування: визначення основного об'єкта дослідження і конкретного предмета в межах проєкту.

Мета і завдання: чітке формулювання основної мети проекту та конкретних завдань для її досягнення.

У вступі, як і в тексті загалом, не допускається використання скорочень або абревіатур, за винятком загальноприйнятих.

Обсяг вступу не повинен перевищувати двох сторінок.

1.6 Основні розділи.

1.7 Висновки.

1.8 Список використаних джерел оформлений за ДСТУ 8302:2015.

1.9 Додатки: графічні матеріали, таблиці, розрахунки.

2. Графічна частина.

Графічна частина проекту виконується на аркуші формату А1 та А2, на який виносяться:

1. Ситуаційний план (М 1:25000 – 1:50000)

- Карта з нанесеними двома варіантами траси дороги.
- Розташування траси відносно населених пунктів, річок, лісових масивів та інших природних і техногенних об'єктів.

2. План траси дороги (М 1:2000 – 1:5000)

- Лінія траси з нанесенням пікетажу.
- Радіуси кривих, точки перегину.
- Дорожній одяг, узбіччя, смуги безпеки.
- Інженерні споруди (мости, труби тощо).

3. Поздовжній профіль траси (М 1:2000 для довжини, 1:200 для висоти)

- Лінія природного рельєфу та проектного профілю.
- Позначення ухилів, висотних відміток.
- Глибина виїмок і висота насипів.

4. Поперечні профілі (М 1:100 – 1:200)

- Поперечні перерізи дороги в характерних місцях (виїмка, насип).
- Конструктивні елементи дорожнього одягу.

5. Мостовий перехід

- Вибір місця мостового переходу та схема моста (М 1:200 – 1:500).
- Поздовжній розріз мостового переходу.
- Поперечний профіль мостової споруди.
- Схема регуляційних споруд (М 1:100 – 1:500).
- Креслення підпірних стінок, укріплення берегів.

6. Регуляційні та укріплювальні споруди

- Схема розташування регуляційних споруд.
- Конструкція струменапрямних дамб, кріплення укосів.

7. Організація дорожнього руху

- Схема розміщення дорожніх знаків, розмітки.
- Розрахунок видимості на кривих.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Для правильного оформлення курсового проекту відповідно до ДБН Б.2.2-12:2019 "Планування та забудова територій" і ДСТУ Б.1.1.17:2013 "Умовні позначення графічних документів містобудівної документації",

потрібно дотримуватись як загальних правил текстового і графічного оформлення, так і специфічних вимог до містобудівної документації.

1. Вимоги до текстової частини

При оформленні пояснювальної записки (ПЗ) необхідно дотримуватись вимог до курсового проекту за ГОСТ 2.105-95. Текст пояснювальної записки повинен бути набраний на комп'ютері та роздрукований на принтері.

Обсяг. Обсяг текстової частини визначається кількістю годин СРС, які виділяються для дисципліни на курсовий проект навчальним планом (30-35 с.).

Шрифт і відступи.

Текст ПЗ виконується у відповідності з вимогами ГОСТ 2.105-95 одним із застосовуваних друкувальних та графічних пристроїв виведення ЕОМ з висотою букв і цифр не менше 2,5 мм, (кегель – № 14), через півтора інтервали (ГОСТ 2.004-88).

Текст пояснювальної записки повинен бути набраний у будь-якому текстовому редакторі шрифтом Times New Roman розміром 14 з інтервалом між рядками 1,5.

Текст розміщують таким чином, щоб відстань від рамки до робочого поля становила: зліва і справа – 3-5 мм; зверху і знизу – не менше 10 мм; абзац – 5 знаків (відступ 0,75 см). Відступи рамок до країв аркуша: зліва – 20 мм, решта – 5 мм. Наявність рамок у додатках, які містять графічний матеріал, є обов'язковою.

Шрифт та міжрядковий інтервал у додатках можуть бути довільними, але оформлені так, щоб можна було прочитати і зрозуміти. Відступи: зліва – 2,5 см; справа – 1 см; зверху – 1,5 см; знизу – 2,5 см.

Рамки. На першій сторінці виконується рамка, що показана у додатку Г. Індивідуальне завдання, анотації та додатки (за винятком креслень) виконуються без рамок. Перша сторінка змісту містить рамку 180×40 показану у додатку В. На інших сторінках ПЗ використовується рамка 180×15 показана у додатку В. На кресленнях, що представлені у додатках (схема функціонального зонування, схема генерального плану, схема планування мікрорайону) використовується рамка 180×40 показана у додатку Д.

Нумерація сторінок. Сторінки повинні бути пронумеровані, починаючи з третьої (зміст), у правому нижньому кутку сторінки на рамці. Нумерація додатків продовжує основну нумерацію.

Оформлення розділів і підрозділів. Структурними елементами основної частини ПЗ є розділи, підрозділи, пункти, підпункти, переліки.

Крім того є такі складові ПЗ як титульна сторінка, анотація, зміст, вступ, висновки список літератури та додатки. Ці складові мають заголовок першого рівня, який на відміну від основної частини виконується з вирівнюванням по центру великими літерами.

Розділ – головна ступінь поділу тексту, позначена номером і має заголовок першого рівня. Підрозділ – частина розділу, позначена номером і має заголовок другого рівня. Пункт – частина розділу чи підрозділу, позначена номером і може мати заголовок третього рівня. Заголовки структурних елементів необхідно нумерувати тільки арабськими числами.

Кожен розділ рекомендується починати з нової сторінки. Заголовок розділу записують з абзацу великими літерами, після заголовку до тексту або підзаголовку пропускають один рядок.

Заголовки розділів, підрозділів та пунктів (при наявності заголовка) записують з абзацу малими літерами, починаючи з великої. Перед заголовком розділу і після нього пропускають один рядок. Перед та після заголовку підрозділу пропускається один рядок.

Розділи нумерують порядковими номерами в межах всього документа (1, 2, і т.д.). Підрозділи нумерують в межах кожного розділу, пункти – в межах підрозділу і т.д. за формою (3.1, 3.2, 3.2.1, 3.2.2 і т.д.). Цифри, які вказують номер, не повинні виступати за абзац. Після номера крапку не ставлять, а пропускають один знак.

Заголовки розділів і підрозділів, пунктів і підпунктів не повинні містити знаків переносу на новий рядок. Назви розділів і підрозділів, пунктів і підпунктів не повинні мати крапки в кінці.

Допускається розміщувати текст між заголовками розділу і підрозділу, між заголовками підрозділу і пункту. Посилання в тексті на розділи виконується за формою: «...наведено в розділі 3».

Оформлення таблиць. Таблицю розміщують симетрично до тексту після першого посилання на даній сторінці або на наступній, якщо на даній вона не уміщується і таким чином, щоб зручно було її розглядати без повороту або з поворотом на кут 90°. Таблиці у тексті пояснювальної записки набираються основним шрифтом, в деяких випадках розмір шрифту може бути зменшений до 10-12 пт. Підписи таблиць розташовуються над таблицею з вказанням її номеру і назви, вирівнявши по лівому краю таблиці. Приклад наведено у табл. 1.1.

На всі таблиці мають бути посилання у формі «... у табл. 1.1» або в дужках у тексті (табл. 1.1). Посилання на таблицю, наведену раніше, оформлюють зі скороченим словом «дивись» (див. табл. 1.1) у контексті речення або в його кінці.

При перенесенні частин таблиці на інші сторінки необхідно повторювати або продовжувати найменування граф. Допускається також нумерація граф лише на початку таблиці, а під час перенесення її частин на наступні сторінки повторювати тільки нумерацію граф. У будь-якому випадку заголовок таблиці розміщується лише над першою частиною, а над іншими частинами зліва зазначають «Продовження таблиці 1.1» без крапки в кінці. Рекомендується використовувати автоматичну нумерацію ілюстрацій.

Таблиця 1.1 - Технічні нормативи проектного автомобільного і мостового переїзду

Найменування норм	Одиниці вимірювання	Значення норм	
		Рекомендовано	Прийнято в проект
1	2	3	4

в межах всього документа. Наприклад

Потреба в обслуговуванні обчислюється за формулою

$$N_t = N_0 \times (1 + \beta)^t, \quad (1.1)$$

де N_t – перспективна середньорічна добова інтенсивність руху за типами дорожніх транспортних засобів (вантажні автомобілі, легкові автомобілі, автобуси) в обох напрямках, авт./д;

N_0 – існуюча середньорічна добова інтенсивність руху за типами дорожніх транспортних засобів (вантажні автомобілі, легкові автомобілі, автобуси) в обох напрямках, авт./д;

β – коефіцієнт очікуваного щорічного приросту інтенсивності руху в залежності від типу дорожнього транспортного засобу;

t – рік, на який розраховується інтенсивність руху.

Список використаних джерел потрібно розміщувати в порядку появи посилань у тексті (найбільш зручний для користування і рекомендований при написанні бакалаврських кваліфікаційних робіт).

Бібліографічні описи наводять відповідно до стандарту ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» або інших міжнародних стилів бібліографічного опису (IEEE style, MLA style, APA style, Harvard style, Chicago style та ін.).

При використанні літературних джерел розглядаються видання останніх років, засновані на чинних нормативних документах, саме чинні нормативні документи, публікації у періодичних виданнях, присвячені питанням будівництва, матеріали з інтернет. У тексті записки посилання на літературу ставляться у квадратні дужки (наприклад, [21]).

Приклади бібліографічних посилань:

1. ДБН А.2.1-1:2008. Інженерні вишукування для будівництва. – [Чинний від 01.01.2009]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 47 с.

2. ДБН В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти споруд (Основні положення проектування). – [Чинний від 01.01.2019]. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 78 с.

3. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. – [Чинний від 01.10.2014]. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 64 с.

2. Вимоги до графічної частини

1. Формат креслень

Креслення виконуються у форматі А2 або більшому залежно від масштабу території. Рекомендовані масштаби:

- 1:5000 для детальних планів;
- 1:10000 для середніх територій;
- 1:25000 для великих зон.

2. Масштаб

Масштаб підбирається відповідно до складності проекту та рівня деталізації. У разі необхідності масштаби можуть бути комбінованими для

окремих частин креслення.

3. Умовні позначення

Всі графічні елементи (зони, дороги, будівлі) мають відповідати стандартам ДСТУ Б.1.1.17:2013. Використовуйте чіткі та зрозумілі умовні позначення, наведені в легенді до креслення.

4. Основний напис

Основний напис розташовується згідно з державними стандартами. Номер аркуша зазначається у лівому верхньому куті.

5. Композиція креслень

Креслення можуть бути складені вертикально або горизонтально. Заповнення графічними елементами повинно становити не менше 70% площі аркуша.

6. Вимоги до нанесення текстової інформації на креслення

Ієрархія текстів і написів:

- I рівень – заголовок проєкту: висота літер 25-30 мм, товщина лінії 5-7 мм.
- II рівень – назва та номер листа: висота літер 20-25 мм, товщина лінії 3-5 мм.
- III рівень – назви креслень та схем: висота літер 12-15 мм, товщина лінії 2-3 мм.
- IV рівень – умовні позначення та експлікації: висота літер 8-12 мм, товщина лінії 1.5-2 мм.
- V рівень – пояснювальні тексти: висота літер 4-5 мм, товщина лінії 1.5-2 мм.

Шрифт:

- Використовуйте стандартні шрифти, зручні для читання.
- Довжина рядка не повинна перевищувати 185 мм.
- Текстові написи мають бути чіткими та легко читатися з відстані:
 - 3-6 м – для текстів I-III рівнів;
 - 1 м – для текстів IV-V рівнів.

7. Композиційне розміщення креслень

Якщо зображення не вміщується на одному аркуші, його можна розділити на кілька аркушів стандартних форматів. У правому нижньому куті першого аркуша необхідно розмістити схему розчленування з позначенням номерів аркушів.

Курсовий проєкт з розробки генерального плану міста виконується поетапно. Генеральний план є основним документом, що визначає ключові принципи розвитку та використання території населеного пункту. Його виконання має відповідати Закону України "Про планування та забудову територій".

ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Оцінюється курсовий проєкт членами комісії після її захисту студентом у балах і за шкалою ECTS. Загальна кількість балів включає (табл. 8) оцінки змісту роботи (до 35 балів), оформлення (до 20 балів), графічної частини (до 20 балів) та захисту (до 25 балів).

Таблиця 8 - Оцінювання курсового проекту

Розробка	Пояснювальна записка	Графічна частина	Захист	Всього
35	20	20	25	100

При оцінюванні курсової роботи за кредитно-модульною системою враховуються:

- кваліфікаційний рівень (фаховість, дотримання стандартів) підготовки захисту КП;
- обґрунтування актуальності теми, на яку підготовлено курсовий проект;
- відповідність назв і змісту структурних елементів пояснювальної записки цілям, завданням та особливостям побудови генерального плану;
- грамотність викладу змісту пояснювальної записки, відповідність її вимогам щодо оформлення робіт;
- вміння студента представляти результати курсового проектування.

Підготовка курсового проекту – сумарно 100 балів, у тому числі: Якість розробки проекту – 35 бали:

- фахова вмотивованість рішень – 10 бали;
- логічність і послідовність рішень – 10 балів;
- обґрунтованість та оптимальність обраних рішень – 10 балів;
- дотримання стандартів побудови систем захисту – 5 бали.
- Зміст пояснювальної записки – 20 балів:
- відповідність структурних розділів визначеній тематиці та вимогам до даного типу робіт: вступ; основна частина; висновки; додатки – 10 балів.
- відповідність оформлення ПЗ стандартам – 5 балів;
- відповідність посилань та списку використаних джерел – 3 бали;
- дотримання граматичних і стилістичних правил – 2 бали.
- Зміст графічної частини – 20 балів:
- відповідність графічної частини завданню – 8 балів;
- відповідність графічної частини тексту пояснювальної записки – 7 балів;
- відповідність графічної частини стандартам – 5 балів.
- Захист курсового проекту – 25 балів:
- вміння студента логічно структурувати доповідь та доводити до присутніх у стислій формі основні результати – 12 балів;
- відповіді на запитання (чіткість формулювання та відповідність запитанню) – 13 балів.

Таблиця 9 Складники оцінки курсового проекту за кредитно- модульною системою

Вид роботи	Кількість балів
фахова вмотивованість рішень	10
логічність і послідовність рішень	10
обґрунтованість та оптимальність обраних рішень	10
дотримання стандартів побудови систем захисту	5
відповідність структурних розділів визначеній тематиці та вимогам до даного типу робіт: вступ; основна частина; висновки; додатки	10
відповідність оформлення ПЗ стандартам	15
відповідність графічної частини стандартам	15
вміння студента логічно структурувати доповідь та доводити до присутніх у стислій формі основні результати	12
Відповіді на запитання (чіткість формулювання та відповідність запитанню)	13
Загальна кількість балів	100

Для переведення суми балів в оцінку за національною шкалою використовуємо шкалу оцінювання (таблиця 10).

Таблиця 10 - Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90 – 100	A
82-89	B
75-81	C
64-74	D
60-63	E
35-59	FX з можливістю повторного захисту КП
0-34	F з обов'язковим повторним виконанням КП

100 балів – курсовий проект бездоганний за виконанням, супроводжується змістовною, належно оформленою пояснювальною запискою і бездоганно захищений (доповідь, відповіді на питання тощо), а також в тексті наявні елементи наукової новизни за напрямом курсового проекту.

РОЗРАХУНОК ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ ТА ВИБІР ВАРІАНТУ ЗА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ НА ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

Мета роботи: на підставі розрахунків здобувач має набути практичних навичок з визначення технічної категорії дороги та нормативів на її проектування.

Вихідні данні: топографічний план з початковим пунктом *A* і кінцевим *B*, варіант за вказівкою викладача; інтенсивність руру транспорту (п.1 послідовності); район прокладання траси та основні норми проектування дороги (дод. А).

Обладнання, матеріали та інструменти. Для виконання розрахунків здобувачу видають індивідуальну топографічну карту з пунктами початком та кінцем дороги, а також вихідні дані щодо кількості вантажів, які перевозитимуться дорогою. В роботі здобувачі використовують калькулятори та креслярські приладдя або відповідне програмне забезпечення (наприклад, за допомогою засобів AutoCAD).

Загальні відомості. Проектування доріг різних технічних категорій здійснюється з урахуванням інтенсивності транспортного руху (ІТР). Ко-жен здобувач розраховує ІТР після видачі йому індивідуальних вихідних даних.

Теоретичний матеріал:

Автомобільні дороги – лінійний комплекс інженерних споруд, призначений для безперервного, безпечного та зручного руху транспортних засобів і є складовою Єдиної транспортної системи України і задовольняють потреби суспільства в автомобільних пасажирських і вантажних перевезеннях. Автомобільні дороги є державною власністю і закріплені на праві повного господарського відання за Українською державною корпорацією по будівництву, ремонту та утриманню автомобільних доріг, яка належить до системи Мінінфраструктури.

Автомобільні дороги, вулиці поділяються на [ст. 5 Закону України «Про автомобільні дороги»]:

- автомобільні дороги загального користування;
- вулиці і дороги міст та інших населених пунктів;
- відомчі (технологічні) автомобільні дороги;
- автомобільні дороги на приватних територіях.

Порядок користування автомобільними дорогами визначається Кабінетом Міністрів України [Постанова «Про затвердження Єдиних правил ремонту і утримання автомобільних доріг, вулиць, залізничних переїздів, правил користування ними та охорони»].

Відповідно до Закону автомобільні (позаміські) дороги загального користування (рис. 1.1) поділяються на:



Рисунок 1.1 – Класифікація автомобільних доріг (перших два рівні)

У містах вулиці та дороги поділяються на магістральні вулиці та дороги, дороги та вулиці місцевого значення [ст. 21 Закону України «Про автомобільні дороги»].

Дорожній рух характеризують такими параметрами:

- інтенсивність;
- щільність;
- швидкість;
- склад;
- затримки;
- розподіл транспортного потоку по напрямках.

Інтенсивність руху N – це кількість транспортних засобів, які проходять через ділянку дороги x_1 – x_2 протягом заданого проміжку часу (рис 1.2). Залежно від задачі, що вирішується, періодом визначення інтенсивності руху може бути рік, місяць, доба, година та інші проміжки часу.

Інтенсивність руху – величина, нерівномірна і в просторі, і в часі.

Щільність дороги q – це кількість транспортних засобів, що знаходяться в даний момент часу на заданій ділянці дороги x_1 – x_2 (рис. 1.2).

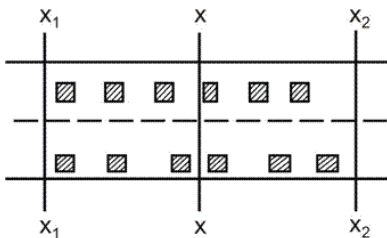


Рисунок 1.2 – Схема руху транспортних засобів на ділянці x_1 – x_2

Величина q характеризує завантаження дороги. Максимальне значення щільності відповідає кількості нерухомих транспортних засобів розташованих впритул один до одного. Для легкових автомобілів це значення дорівнює 200 од./км, для автопоїздів довжиною 24 м – 40 од./км.

Швидкість руху V визначають як відношення пройденої ділянки дороги x_1-x_2 (рис. 1.2) до проміжку часу t , за який ця ділянка пройдена.

На практиці організації дорожнього руху застосовують такі швидкості:

- миттєва,
- сполучення,
- експлуатаційна,
- транспортного потоку тощо.

Миттєва швидкість характеризується миттєвим, фіксованим значенням V_a у певному січенні дороги. **Швидкість сполучення V_c** визначається як відношення віддалі між пунктами сполучення на маршруті до часу знаходження транспортного засобу на ньому.

Експлуатаційна швидкість V_e визначається відношенням пройденої відстані до всього часу знаходження транспортного засобу на маршруті, включаючи час, пов'язаний з технологією перевезень (навантаження, розвантаження тощо). **Швидкість транспортного потоку V_n** – це середня швидкість руху транспортних засобів на певному відрізку шляху за певний проміжок часу.

Склад транспортного потоку характеризується співвідношенням у ньому транспортних засобів різного типу, тоді як **затримки руху** характеризуються втратою часу при проходженні транспортним засобом заданого відрізка шляху зі швидкістю нижче оптимальної.

Оптимальною швидкістю, в даному випадку, слід вважати швидкість сполучення, яка забезпечує мінімум втрат часу, пального, витрат, пов'язаних зі зношуванням автомобіля, втрат від ДТП тощо.

Але різке зростання автомобілізації приводить до зміни закономірності коливань інтенсивності. Коливання інтенсивності руху протягом року характеризуються коефіцієнтом річної нерівномірності.

Таким чином, дорога в плані проектується у вигляді прямої або ламаної лінії, яка зображує собою вісь дороги – трасу. Процес прокладання траси називають **трасуванням ліній**. Трасування лінії між заданими пунктами слід виконувати за найкоротшим напрямком, яким є «повітряна» пряма (рис. 1.3), що зменшує протяжність дороги і її хвилястість. Однак таке проектування не завжди можливе з причини ймовірності різних перешкод на трасі: крутих ухилів, водних перешкод, боліт, ярів тощо, а та-

кож перетину трасою цінних сільськогосподарських угідь – садів, ягідників, полів сівозмін тощо.

Так як траса дороги частіше являє собою ламані прямі з різною величиною кутів повороту, тому її слід намагатися проектувати так, щоб прямі ділянки траси були якомога довшими, число поворотів і величина кутів повороту – меншими. Перетини водотоків, річкових заплавл, ярів слід передбачати у більш вузьких місцях, під кутом, близьким до прямого, перетини з існуючими автомобільними дорогами і залізницями слід проектувати на прямих ділянках траси під кутом не меншим 45° .

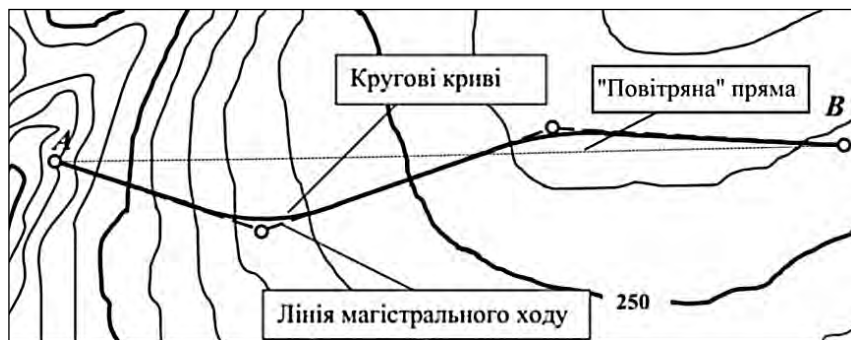


Рисунок 1.3 – Прокладання лінії траси автомобільної дороги

Завдання на виконання даної роботи передбачає проектування невеликої ділянки (1,5–2,5 км), це дозволить зробити трасу у вигляді «повітряної» прямої. З навчальною метою трасування необхідно виконати з одним-чотирма поворотами і перетином, як мінімум, однієї водної перешкоди.

Послідовність та методика виконання роботи:

1. **Визначить кількість вантажів, які треба перевезти між заданими вихідними пунктами А і Б.** Для визначення інтенсивності транспортного потоку необхідно підрахувати сумарну кількість п'яти видів вантажів які рухатимуться по дорозі за заданим варіантом. Для обрахунку замість крапок підставте три останні цифри свого шифру до таких видів вантажів (перша цифра шифру складається з номера групи, дві інші – з порядкового номера здобувача за журналом):

- сільськогосподарських 33.....
- промислових 2.....
- лісового господарства 1.....
- торгових 2.....

- будівельних

3.....

Їх сумарна кількість складатиме річну вантажонапруженість дороги Q :

$$Q = Q_{с.г.} + Q_{пром.} + Q_{л.г.} + Q_{торг.} + Q_{будів.}, \quad (1.1)$$

де $Q_{с.г.}$, $пром.$, $л.г.$, $торг.$, $будів$ – кількість вантажів сільськогосподарських, промислових, лісового господарства, торгових та будівельних відповідно.

2. Визначить інтенсивність руху і технічну категорію дороги. Середньодобову перспективну інтенсивність руху автомобілів визначають за формулою:

$$N = \frac{Qm\alpha}{t\gamma\beta q} \text{ авт. / добу}, \quad (1.2)$$

де N – середньодобова інтенсивність руху, авт./добу;

Q – перспективна річна вантажонапруженість дороги, тон нетто за рік;

m – коефіцієнт сезонної нерівномірності перевезення вантажів протягом року (для сільськогосподарських перевезень приймають рівним 2);

α – коефіцієнт, що враховує транзитні і пасажирські перевезення, приймають рівним 1,3-1,4;

t – розрахункове число днів протягом року, коли здійснюються перевезення (за річний проїзд транспорту приймають 360 днів);

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності розрахункового автомобіля (0,8-0,9);

β – коефіцієнт використання пробігу – відношення пробігу автомобіля з вантажем до загального пробігу автомобіля. Для сільськогосподарських перевезень – 0,6-0,7;

q – середня вантажопідйомність розрахункового автомобіля ($\approx 3,5$ т).

Вирахувана інтенсивність руху є основою для визначення технічної категорії дороги, при цьому, технічні нормативи проектування дороги виписіть з табл. А.1.

3. Проектування повітряної прямої між заданими точками. З'єднайте задані точки A (початок траси) і B (кінець траси) прямою лінією синього кольору, яка називається **повітряна пряма** (рис. 1.3).

4. Вивчить перешкоди, що зустрічаються на прямій лінії (болота, озера, яри тощо). Для цього, дивлячись на карту, коротко опишіть які перешкоди виникають вздовж повітряної лінії та перевірте доцільність їх перетину або обходу.

5. Намітьте, за необхідністю, варіанти обходу перешкод ламаними лініями. При виборі варіанту враховуйте такі основні умови:

– дорога має примикати до існуючої під прямим або близьким до нього кутом (але не менше 60°);

– при виході з населеного пункту або вході в нього проектна дорога має бути продовженням вулиці;

- водотік (струмок, ріку) дорога має перетинати під прямим або близьким до нього кутом (тоді міст або труба будуть найкоротшими);

- бажано, щоб дорога не займала цінні сільськогосподарські землі.

Якщо наявні декілька варіантів траси, кращий із них виберіть за такими показниками (табл. 1.1):

- протяжність траси;
- коефіцієнт подовження траси (відношення довжини траси до повітряної прямої);

- кількість кутів повороту (чим менше, тим краще);

- величина кутів повороту (чим менше, тим краще);

- характер і кількість перетинів перешкод (штучних споруд); максимальний ухил на трасі.

- пункти 3, 4, 5 і 7 можна виконати у середовищі AutoCAD.

6. Розрахунок мінімального радіуса кривої в плані. Мінімальний радіус кривої в плані на поворотах траси визначають за формулою:

$$R = \frac{v^2}{127 \cdot (\mu \pm i_n)}, \quad (2.1)$$

де v – розрахункова швидкість руху автомобіля для даної категорії дороги (дод. А), м/с;
 μ – коефіцієнт поперечної сили (у звичайних умовах приймається за 0,15-0,16, при несприятливих – збільшується до 0,20);

i_n – поперечний похил віражу (у районах з частою ожеледицею приймають рівним 0,04, а в інших умовах – 0,06), в тисячних (табл. 5.16 СП 34.13330.2012);

знак «+» приймають при влаштуванні віражу.

або виберіть значення з табл. А.1, що складена за стандартами ДБН В.2.3-4:2015, залежно від категорії та рекомендованої швидкості руху.

7. Вимірювання довжин ламаних ліній, дирекційних та кутів повороту магістрального ходу.

Для вимірювання кута повороту траси необхідно спочатку тонкими олівцевими лініями продовжить ламані лінії в точках зламу траси до 5-7 см (рис. 1.4). І, потім, за допомогою транспортиру, виміряйте і запишіть

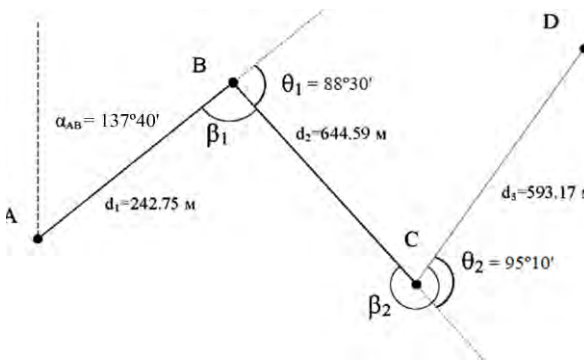


Рисунок 1.4 – Схема траси лінійної споруди (дороги)

кут α , який називається кутом повороту траси – кут відхилення траси від попереднього напрямку, з точністю $10'$ (рис. 1.4). Наприклад, $\alpha_{AB} = 137^\circ 40'$.

Для вимірювання дирекційного кута початкової лінії (α_{AB}) спочатку необхідно провести, перпендикулярно до горизонту, олівцеву лінію через точку A . Потім, за допомогою транспортиру, виміряйте кут за годинниковою стрілкою, з точністю $10'$. Наприклад, $\alpha_{AB} = 137^\circ 40'$ (рис. 1.4).

Для вимірювання довжини траси необхідно, спочатку, виміряти довжини ламаних ліній магістрального ходу. Виміряйте їх за допомогою лінійки з точністю $0,1$ мм в масштабі плану, а результат запишіть попередньо на план олівцем. Наприклад, $d_l = 242,75$ (рис. 1.4).

8. Техніко-експлуатаційна порівняльна характеристика варіантів траси дороги. У таблиці 1.1 надайте техніко-експлуатаційні порівняння варіантів траси дороги та запишіть їх вигляді переваг знаками «+», «-» або «=».

Таблиця 1.1 – Техніко-експлуатаційні показники варіантів траси

Показники	Варіанти			Переваги		
	I	II	III	I	II	III
1. Довжина траси L , км						
2. Коефіцієнт подовження траси K_n						
3. Число кутів повороту n						
4. Середній кут повороту $\alpha_{сер}$						
5. Мінімальний радіус повороту R_{min} , м						
6. Середній радіус повороту $R_{сер}$, м						
7. Рельєф місцевості (<i>тах</i> поздовжній ухил)						
8. Забезпечення видимості у плані						
9. Кількість перетинів водотоків: - лощин (ліній водорозливу) - річок (струмків)						
10. Протяжність ділянки дороги, км - не стійких для земляного полотна (болота, зсуви тощо) - прокладених у межах населених пунктів - які знаходяться в лісі						
Всього переваг						

Примітка: максимальний поздовжній ухил визначається з плану, як відношення висоти (відстань між горизонталями) рельєфу до довжини ділянки;

$$\text{- коефіцієнт подовження траси } K = \frac{L_{тр}}{L_{пов}};$$

$$\text{- середній кут повороту } \alpha_{сер} = \sum \frac{\alpha}{n};$$

$$\text{- середній радіус повороту } R_{сер} = \frac{\sum K \cdot 57,3^\circ}{\sum \alpha};$$

де $L_{тр}$ – довжина варіанта дороги, м;

$L_{пов}$ – довжина повітряної лінії, м;

$\Sigma\alpha$ – сума кутів повороту на трасі;

ΣK – сумарна довжина кривих на варіанті дороги.

Сумуйте переваги та найкращій з них оформіть червоним кольором, інші варіанти – за вибором, але не синім. Надайте коротке обґрунтування прийнятого варіанту для подальшого проектування дороги, а саму роботу оформіть у вигляді звіту. В описі варіантів вкажіть:

- початкову, кінцеву і проміжні точки, через які проходить траса;
- загальний напрям і протяжність траси;
- чим викликані (причини) кути повороту;
- перешкоди, які перетинає траса.

Зміст звіту. Звіт про виконану роботу включає розрахунки та обґрунтування результатів, отриманих в процесі виконаної роботи, а також написання пояснювальної записки, з частковим використанням теоретичної частини, яка має включати відповідні висновки.

ПРОЕКТУВАННЯ ДОРОГИ В ПЛАНІ

Мета роботи: набути практичних навичок з проектування траси дороги в плані та визначення її елементів.

Вихідні данні: топографічний план з нанесеною повітряною лінією між пунктами *A* і *B* та проектною лінією траси; таблиця елементів колових кривих (дод. Б); приклади розрахункових таблиць (дод. В).

Обладнання, матеріали та інструменти. Для виконання практичної роботи здобувач використовує топографічний план території з попередньої практичної роботи. При розрахунках він використовує калькулятор, а при проектуванні – креслярське приладдя або відповідне програмне середовище (наприклад, за допомогою засобів AutoCAD).

Загальні відомості. Здобувачу, за індивідуальним топографічним планом та варіантом, необхідно визначити: координати основних та поворотних точок, кути повороту траси, а також обрахувати елементи колових кривих, за якими на трасі визначають початок і кінець кривих та прораховують загальний її пікетажний кілометраж.

Теоретичний матеріал:

Проекцію осі дороги на горизонтальну площину називають **трасою**. Траса дороги складається з прямих і криволінійних ділянок. Від прокладання траси дороги, прийнятих радіусів кривих в плані, протяжності прямих ділянок і їх сполучення з кривими безпосередньо залежать комфортність і безпеку руху автомобілів по дорозі.

За сучасними поглядами, трасування доріг краще із застосуванням кривих великих радіусів і обмеженням довжин прямих ділянок. Причому чим менше кут повороту, тим більшим приймається радіус. Наприклад, при кутах повороту до 5° слід застосовувати радіуси не менше 5000 м.

Умови руху автомобіля по кривим радіуса $R > 3000$ м не відрізняються від умов руху за прямими ділянкам. Радіуси близько 2000–3000 м забезпечують хороші умови руху швидкості з урахуванням перспективного розвитку транспортних засобів. Радіуси від 600 до 2000 м задовільні для сучасного руху, але вимагають влаштування додаткових заходів для підвищення стійкості автомобіля: перехідних кривих і віражу. Радіуси 200–600 м допустимі на дорогах тільки II–III категорій в складних умовах, або для доріг нижчих (IV, V) категорій. А радіуси менше 200–250 м застосовують у виняткових випадках в пересіченій і гірській місцевості.

Трасування дороги у вигляді довгих прямих ділянок в одноманітних

умовах нерідко призводить до підвищення числа дорожньо-транспортних пригод з огляду на притуплення уваги водіїв або, навпаки, розвитку невиправдано великої швидкості руху.

Для забезпечення просторової плавності доріг між прямими і криволінійними ділянками повинні бути певні відповідності: довжина прямих вставок між кривими, спрямованими в одну сторону, не повинна бути менше 300–400 м для I–III категорії доріг, 150–200 – IV–V категорій; між зворотними кривими – не менше 200 м для I–III категорій, не менше 100 м – IV–V категорій (дод. А).

Для забезпечення рівномірного режиму руху по дорозі радіуси суміжних кривих не повинні відрізнятися більш ніж у 1,3–2 рази.

Кут повороту траси α визначають між продовженням початкового і новим напрямками та вимірюють їх, як варіант, геодезичним транспортом безпосередньо на плані. Кути можуть бути правими і лівими (рис. 2.1).

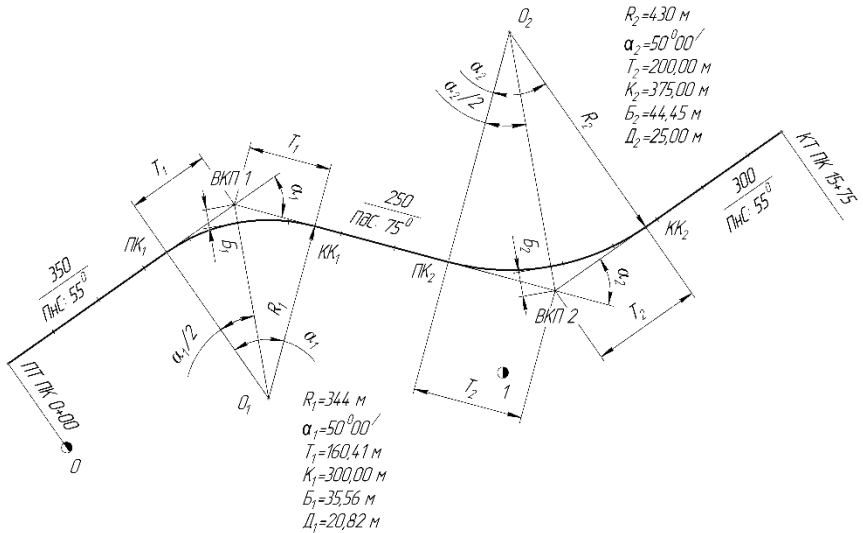


Рисунок 2.1 – Розгорнутий план траси автомобільної дороги

За виміряним кутом повороту α і призначеним радіусом кривої R , відповідно до технічних умов за варіантом, визначають інші основні елементи кривої: тангенс (T) – довжини дотичних AB і BC , довжину кривої K – довжина дуги AMC , бісектрису B – бісектрису BM кута ABC , поправку (домір D). Значення цих елементів одержують за допомогою спеціальних таблиць (табл. Б.1) або за формулами (рис. 2.2):

$$T = AB = BC = R \cdot tg \frac{\alpha}{2}; \quad (2.1)$$

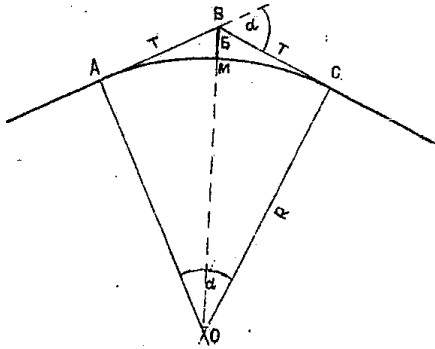


Рисунок 2.2 – Елементи колової кривої

$$K = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180^\circ}; \quad (2.2)$$

$$B = R \cdot \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right); \quad (2.3)$$

$$D = 2T - K. \quad (2.4)$$

Точки *A*, *M* і *C* (рис. 2.2) – це початок, середина і кінець кривої (*PK* – початок кривої, *CK* – середина кривої, *KK* – кінець кривої) які називають *головними точками заокруглення*.

На місцевості початок і кінець кривої отримують відкладаючи величини *T* від вершини кута *ABC* по лініях траси, а середину кривої – відкладанням величини *B* по бісектрисі кута *ABC*, напрям якої знаходять за допомогою теодоліта. При цьому, т. *O* на місцевості не позначають. Але на плані її позначають (за лінійною засічкою), як і дугу *AC* (рис. 2.2).

Однак, для визначення місцеположення криволінійної ділянки траси на місцевості цих трьох точок недостатньо. Тому між точкою початку (кінця) кривої та її середньою точкою необхідно розмістити декілька проміжних точок, назначаючи при цьому відстань між ними (5, 10 або 20 м), тобто довжину ділянки дуги *k*, яка називається *кроком кривої* (рис. 2.3).

Детальне розмічування колових кривих можна здійснювати одним із способів: прямокутних або полярних координат, лінійно-кутової засічки, продовжених хорд, трьох точок, вписаного багатокутника, спрощеним (саперним) методом тощо. Розглянемо два із них: точний і спрощений.

Розбивка кривої за методом прямокутних координат. Для визначення координат x_n і y_n (рис. 2.3) знаходять центральний кут α_k , який відповідає кроку кривої *k*:

$$\alpha_k = \frac{180^\circ \cdot k}{\pi \cdot R}. \quad (2.5)$$

Значення абсцис x_n та ординат y_n (рис. 2.3) вираховують за формулами:

$$x_n = R \cdot \sin(n \cdot \alpha_k); \quad (2.6)$$

$$y_n = 2R \cdot \sin^2 \left(\frac{n \cdot \alpha_k}{2} \right). \quad (2.7)$$

де *R* – радіус кривої, м;

α_k – центральний кут, що відповідає кроку кривої;

n – порядковий номер точки на кривій від початку або від кінця кривої;

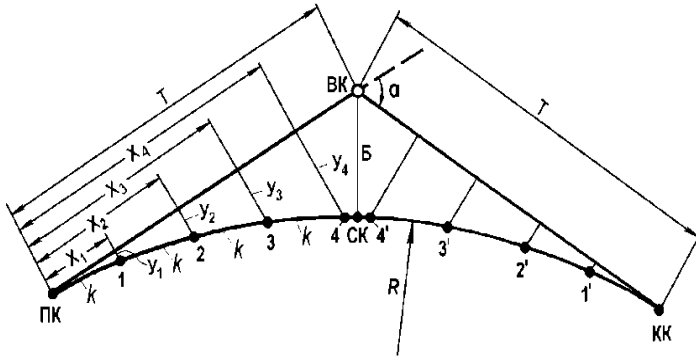


Рисунок 2.3 – Детальна розбивка колової кривої за методом прямокутних координат

Детальну розбивку кривої можна також виконувати з використанням даних табл. Б.1 без застосування наведених вище формул.

Примітка. В таблиці Б.1 числові значення елементів кривої обчислені для радіуса $R = 10$ м. Для інших радіусів ці значення визначають множенням табличних даних на $0,1 R$. Наприклад, для радіуса 100 м табличні дані множать на 10 ($0,1 \times 100 = 10$), тобто збільшують у стільки разів у скільки розрахунковий радіус більше табличного.

Точність визначення положення точки способом прямокутних координат (рис. 2.4) оцінюють за допомогою її середньої квадратичної похибки:

$$m_c = \sqrt{m_T^2 + m_{\Delta X}^2 + m_{\Delta Y}^2 + m_{ц.р.}^2 + m_{\phi}^2 + \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} \Delta X^2}, \quad (2.8)$$

де m_c – середня квадратична похибка визначення положення геодезичного пункту;

$m_{\Delta X}$, $m_{\Delta Y}$ – середні квадратичні похибки побудови на місцевості приростів координат, відповідно ΔX і ΔY (рис. 2.4);

$m_{ц.р.}$, m_{ϕ} , m_{β} – середні квадратичні похибки відповідно центрування та редукції, фіксування точки на місцевості та побудови прямого кута β ;

ρ – число секунд в радіані ($\rho = 206265$ с).

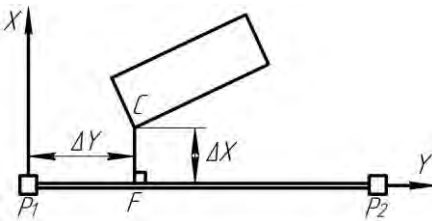


Рисунок 2.4 – Спосіб прямокутних координат

Способом координат виконують не лише винесення пікетів на криву, але при вирішенні задач з інженерної та топографічної геодезії.

При розбивці спрощеним (саперним) методом (рис. 2.5) для виміряного кута повороту траси автодороги α та обраного радіусу R необхідно знати лише величину тангенса кривої T .

Тангенси розподіляють на рівні частини (довжиною по 2, 3, 5 або 10 м) з таким розрахунком, щоб обидва тангенси мали від 5 до 10 рівних частин. На тангенсі, відкладеному у напрямку до початку кривої, точка **1** співпадає з точкою **ПК**. На тангенсі, відкладеному у напрямку до кінця кривої, точкою **1** буде перша точка за вершиною кута повороту траси, а остання точка співпадає з точкою **КК**.

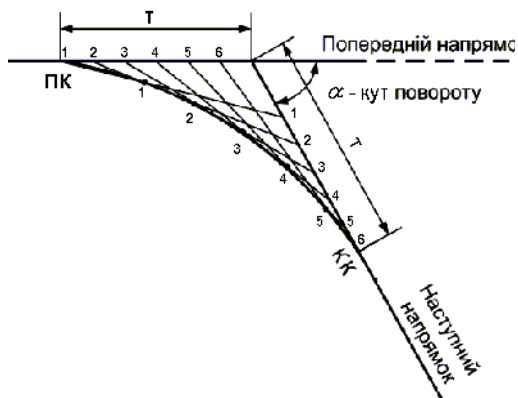


Рисунок 2.5 – Розбивка кривої спрощеним (саперним) методом

Одноїменні точки з'єднуються прямими лініями-створами (рис. 2.5). Перехрестя створів **1–1** і **2–2** дають першу точку кривої, що розбивається, перехрестя створів **2–2** і **3–3** – другу точку кривої і так далі.

Після визначення елементів кривих виконують розбивку пікетажу. Пікети позначають вздовж лінії траси (**ПТ ПК0**) через 100 м до вершини першого кута повороту (**ВК 1**) і відмічають пікетне положення вершини кута (на рис. 2.1 – **ВК ПК7+ +65,00**), після чого за новим напрямком відкладають різницю до 100 м, додають величину доміру «**Д**» і відмічають наступний пікет. Далі пікети розбивають через 100 м до наступної вершини кута повороту (якщо він є), і виконують аналогічні виміри, або до кінця траси (**КТ**) і відмічають його пікетне положення (рис. 2.1 – **КТ ПК14+70,00**).

Після цього розраховують пікетні положення початку і кінця кривих (**ПК** і **КК**). Спочатку визначають їх графічне положення, відкладаючи від вершин кута повороту вперед і назад величини тангенсів. З цих точок проводять лінії, перпендикулярні трасі, в точці їх перетину буде центр кривої. Відстань від центру кривої до точок початку і кінця кривої повинна дорівнювати призначеному радіусу кривої. Зі знайденого центру **О** (рис. 2.2) за допомогою циркуля проводять криву.

Послідовність та методика виконання роботи:

Загальний напрям траси визначають контрольними точками **А** і **В**, які вказані на планово-картографічному матеріалі.

Трасу проектують так, щоб шлях був найкоротшим, а затрати на будівництво – мінімальними з одночасним дотриманням вимог технічних норм на проектування, наведених у табл. А.1.

Рекомендована така послідовність виконання:

1. На плані перевірте довжини ламаних відрізків L_n , кути повороту (φ) та початковий дирекційний кут (A_1). З урахуванням кутів повороту φ траси, визначить дирекційні кути (A_2, A_3, \dots) для наступних ліній траси (рис. 2.6). Ці дирекційні кути переведіть в румби (r), а їх заокруглені результати запишіть до гр. 2 і 3 табл. 2.3, та до гр. 2-3 і 12 табл. В.1 відповідно.

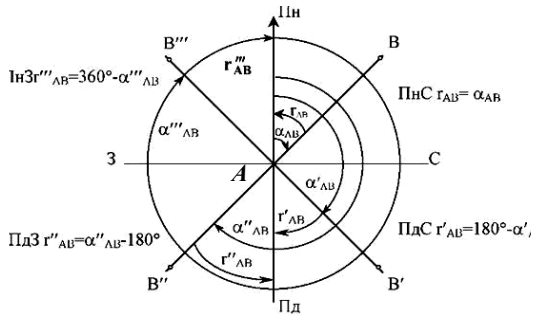


Рисунок 2.6 – Залежність між дирекційним кутом

2. Графічний спосіб визначення координат точок. Тонкими олівцевими лініями на плані розбийте координатну сітку 10x10 см та виконайте її градування у заданому масштабі (1:5000) із розрахунку, що координата нижньої лівої точки сітки становить: $X = 1000 + 10n$, а $Y = 2000 + 20n$, де n – порядковий номер за журналом. За допомогою лінійки та калькулятора графічно визначить координати точок A і B (рис. 2.7) з урахуванням деформації паперу за формулою, а їх результати занесіть до табл. 2.1:

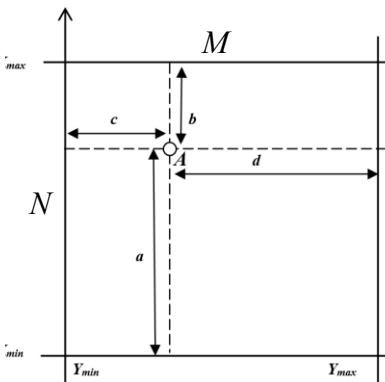


Рисунок 2.7 – Вимірювання координат точки A графічним способом з урахуванням деформацій паперу

$$X_A = X_{min} + \frac{a+b}{N} \cdot a; \quad (2.9)$$

$$Y_A = Y_{min} + \frac{c+d}{M} \cdot c. \quad (2.10)$$

де, X_{min} – мінімальне значення координатної сітки даного квадрату по X ;

a, b – віддалі від сітки до точки і від t . A до сітки по X в наростаючому порядку, m ;

L – величина сітки квадратів по X (згідно масштабу), m ;

Y_{min} – мінімальне значення координатної сітки даного квадрату по Y ;

c, d – віддалі від сітки до t . A і від t . A до сітки по Y в наростаючому порядку, m ;

M – величина сітки квадратів по Y (згідно масштабу), m .

Окрім основних пунктів A і B ,

аналогічно, обрахуйте координати основних поворотних точок траси, а результати занесіть до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані та обрахунок координат початку та кінця прямої траси

Назва пункту	Мінімальні значення координатної сітки для заданого квадрату, м		Віддалі від сітки до точки та від точки до сітки, м		Величина сітки квадратів, L та M , м	Координати, м	
	X_{min}	Y_{min}	a (c)	b (d)		X	Y
A							
B							
Вершина кута повороту № 1							
Вершина кута повороту № 2							

За координатами визначить довжини ліній та їх румби. Дані занесіть до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Обрахунок довжин та румбів ламаних ліній траси

Назва лінії	Координати		Прирости		Довжина, м: $L = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$	Напрямок	Румб, $r^{\circ} ' ''$, $\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)^{tg^{-1}}$
	X	Y	Δx	Δy			
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
A							
Кут № 1							
Кут № 2							
B							

Примітка: зафарбовані поля не заповнюються.

Порівняйте отримані результати румбів та довжин ліній з результатами, отриманими графічним способом (за допомогою транспортира та лінійки). Закруглені результати запишіть до гр. 2 і 3 табл. 2.3, а також до гр. 2 (3) і 12 табл. В.1 відповідно, та відобразіть їх, попередньо олівцем на плані, як показано на рис 2.1.

Цю частину роботи, як і наступні, можна виконати у середовищі AutoCAD після прив'язки растрового зображення до умовної системи координат (за варіантом).

2. Після уточнення положення траси слід визначити мінімальні радіуси поворотів, які доцільно застосовувати на дорогах відповідної категорії. Користуючись табл. А.1, і перевірте можливість вписування в кути поворотів кривих з такими радіусами. В усіх випадках слід намагатися визначити радіуси рекомендовані, але при кутах повороту більших за 45-50°, складному рельєфі, або при обминанні перешкод – радіуси можуть зменшуватися до мінімально допустимих для даної категорії. Тобто, радіуси повороту траси залежать від швидкості руху автомобіля на даній ділянці (табл. 5.5 ДБН В.2.3-4:2015). Визначені радіуси занесіть до гр. 4 табл. 2.3 та гр. 15. табл. В.1.

Таблиця 2.3 – Елементи колових кривих (приклад)

№ кута повороту	Кут повороту, φ°	Відстань між кутами повороту, L , м	Радіус колової кривої, R , м	Тангенс, T , м	Довжина кривої, K , м	Домір, D , м	Бісектриса, B , м
1	2	3	4	5	6	7	8
1	30°	750	1000	267,95	523,60	12,30	35,28
		705					
2	38°		500	172,15	331,61	12,70	28,20

3. Визначить елементи колових кривих: T – тангенс (ф. 2.1); K – довжина кривої (ф. 2.2); B – бісектриса (ф. 2.3); D – домір (ф. 2.4) і занесіть їх результати до гр. 5-8 табл. 2.3 та гр. 8-11 табл. В.1. При цьому, радіус колової кривої приймають залежно від контурної ситуації, але не більше ніж зазначено у таблиці А.1. Після обчислення значень в табл. 2.1 виконайте контроль за формулою 2.4.

4. Виконайте розбивку пікетажу через 100 м до вершини першого кута повороту (на рис. 2.5 $BK1$, ПК5+80) і відмітьте його пікетне положення. Після цього за новим напрямком відкладіть різницю до 100 м (100 - 80 = 20 м) і додайте величину доміру « D ». Отримаєте положення наступного пікету, як це показано на рис. 2.8. Наступні пікети розбивайте знову через 100 м до наступної вершини кута повороту ($BK2$) і повторіть аналогічні обрахунки та виміри. Отримаєте місцеположення наступного пікету (рис. 2.1 – KT ПК14+70,00).

5. Після цього розрахуйте пікетні положення початку і кінця кривих (PK і KK). Спочатку визначить їх графічне положення, відкладаючи від вершин кута повороту вперед і назад величини тангенсів T , потім з цих точок проведіть лінії радіусу, і в точці їх перетину буде центр кривої. Відстань від центру кривої до точок початку і кінця кривої повинна дорів-

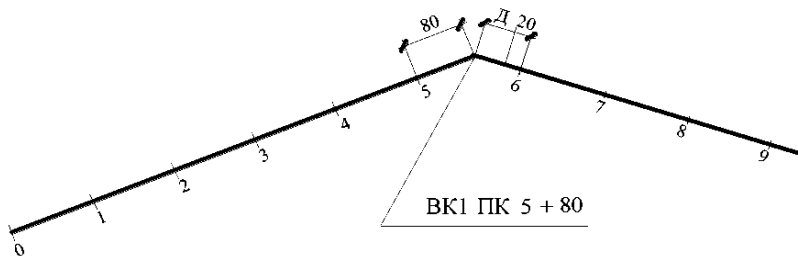


Рисунок 2.8 – Схема до розбивки пікетажу

новати призначеному радіусу кривої R . Зі знайденого центру « O » (рис. 2.2) за допомогою циркуля проведіть криву. Пікетне положення початку і кінця кривої, тобто їх відстань від початку траси, визначають такими розрахунками, наприклад:

$$\begin{array}{r}
 \text{BK ПК } 7+50,00 \\
 - \quad \underline{\text{T } 2+67,95} \\
 \text{ПК ПК } 4+82,05 \\
 + \quad \underline{\text{K } 5+23,60} \\
 \text{KK ПК } 10+05,65
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{контроль: BK ПК } 7+50,00 \\
 + \quad \underline{\text{T } 2+67,95} \\
 \quad \quad 10+17,95 \\
 - \quad \underline{\text{Д } 12,30} \\
 \text{KK ПК } 10+05,65
 \end{array}$$

Результати обрахунків необхідно занести до гр. 4-6 табл. В.1.

Винесення пікетів з тангенсів на криві можна робити графічно, відкладаючи вимірником на кривій половину або чверть пікету (50, 25 м).

Відстань між вершинами кутів L визначають як різницю між пікетним положенням вершин плюс домір до попередньої кривої. Наприклад, на трасі з двома і більше кутами повороту (гр. 12 табл. В.1):

$$\begin{aligned}
 L_1 &= \text{BK ПК}7+50,00 - \text{ПТ ПК}0 = 750,00 \text{ м}; \\
 L_2 &= \text{BK ПК}14+42,70 - \text{BK ПК}7+50,00 + \text{Д } 12,30 = 705,00 \text{ м}; \\
 L_3 &= \text{BK ПК}22+49,84 - \text{BK ПК}14+42,70 + \text{Д } 12,87 = 820,01 \text{ м}.
 \end{aligned}$$

і т.д.

На трасі з одним кутом повороту:

$$\begin{aligned}
 L_1 &= \text{BK1} - \text{ПТ}; \\
 L_2 &= \text{КТ} - \text{BK1} - \text{ПТ} + \text{Д}.
 \end{aligned}$$

Протяжність прямих діляниць траси Pr визначають наступним чином (гр. 13 табл. В.1):

$$\begin{aligned}
 Pr_1 &= \text{ПК1} - \text{ПТ} = \text{ПК}4+82,05 - \text{ПК}0 = 482,05 \text{ м}; \\
 Pr_2 &= \text{ПК2} - \text{KK1} = \text{ПК}12+70,55 - \text{ПК}10+05,65 = 264,90 \text{ м}. \\
 &\dots \\
 Pr_n &= \text{КТ} - \text{KK}_n = \text{ПК}34+21,58 - \text{ПК}30+39,23 = 382,35 \text{ м}.
 \end{aligned}$$

Тепер визначить координати елементів кривих ПК та КК для кожного з кутів методом створу, додаючи чи віднімаючи прирости за тангенси T від вершин кутів повороту (BK).

6. Виконайте обрахунки з детального розмічування колових кривих, із встановленим кроком кривої 20 м, для кожного кута повороту одним із зазначених вище способів, а відповідні креслення виконайте окремо від плану в масштабі 1:1000 і додайте їх у звіт (рис. 2.3–2.4).

За завданням викладача, для одного з кутів повороту траси, при детальному розмічуванні колових кривих, застосуйте метод прямокутних координат, а для інших – спрощений. Пам'ятайте, що при даних розрахунках початковий напрям лінії ПК-ВК становить $0^{\circ}00'$ (рис. 2.4), тому до центрального кута (α_k) необхідно додати дирекційний кут лінії траси до вершини відповідного кута повороту траси (α). Результати розрахунків занесіть до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Елементи колових кривих (для кута № 1)

№ кута	Кут повороту, α°	Рудіус, R , м	Назва точки	Центральний кут α_k	Прирости		Координати	
					x_n	y_n	X	Y
1			ПК					
			1					
			2					
			...					
			n					
			ВК					
			n'					
			2'					
1'								
КК								

В таблиці 2.4 обраховуйте координати в напрямку від початку кривої **ПК** до вершини кута **ВК** і навпаки, від кінці кривої **КК** і до вершини кута **ВК** (рис. 2.3).

7. Для оцінки точності визначення положення точки способом прямокутних координат оцініть її середньою квадратичну похибку. Для цього спочатку обрахуйте середню квадратичну похибку визначення положення геодезичного пункту за формулою 2.11 (рис. 2.4):

$$m_e = \sqrt{(1,5 + 0,5K^2 - K^2 \cos \beta_1) \cdot m_{P_1}^2 + 0,5K^2 m_\beta^2}, \quad (2.11)$$

де $K = d_1 / d_2$;

d_1 – відстань від геодезичного пункту до точки перетину осей;

d_2 – відстань між геодезичними пунктами;

m_{P_1} – середня квадратична похибка визначення положення пункту $P_1 (\pm 0,006 \text{ м})$;

$m_\beta = 1/3438$;

β_1 – центральний кут.

Далі визначте середню квадратична похибка центрування та редуції за формулою 2.12 (рис. 2.4):

$$m_{ц.р.} = l_{ц.р.} \sqrt{1 + (d_1 / d_2)^2 + (d_1 / d_2) \cos \beta_1} = l_{ц.р.} \sqrt{1 + K^2 + K \cos \beta_1}, \quad (2.12)$$

де $l_{ц.р.}$ – лінійний елемент центрування та редуції ($l_{ц.р.} = 5 \text{ мм}$).

Наступним кроком є обрахунок середньої квадратичної похибки побудови радіус-вектора за формулою 2.13 (рис. 2.4):

$$m_{P_1} = \pm 0,003 \sqrt{n}, \quad (2.13)$$

де n – кількість стрічок, що укладено у відстані P_1C .

при цьому, середню квадратична похибку фіксування проектної точки прийнято $m_\phi = 0,003 \text{ м}$.

Таким чином, середня квадратична похибка визначення положення точки способом прямокутних координат (ф. 2.8) становить

$$m_C = \sqrt{\text{_____}^2 + \text{_____}^2 + \text{_____}^2 + \text{_____}^2 + \text{_____}^2 + (\text{_____}/206265)^2 \text{_____}^2} = \text{_____} \text{ (м)}.$$

8. Напрямки прямих ділянок визначають румбами ліній. Якщо румб першої ділянки виміряти безпосередньо на плані за допомогою транспортира, тоді всі наступні румби розрахуйте через попередній румб і кут повороту траси за правилами геодезії, а отримані результати занесіть до гр. 14-15 табл. В.1. Отримані результати порівняйте з даними

таблиці 2.2. Похибка не повинна перевищувати $0,5^\circ$, а довжини – $0,5$ мм в масштабі плану.

Всі розрахунки виконайте за наведеними вище зразками, після чого складіть «Відомість кутів повороту, прямих і кривих» (за формою наведеною у табл. В.1) із контролем таких позицій:

- сума всіх прямих (ΣL) плюс сума кривих (ΣK) повинна дорівнювати повній протяжності траси (KT);
- сума відстаней між вершинами кутів (ΣL) мінус сума домірів (ΣD) повинна дорівнювати протяжності траси (KT);
- подвійна сума тангенсів ($2\Sigma T$) мінус сума кривих (ΣK) повинна дорівнювати сумі домірів (ΣD);
- сума лівих кутів повороту ($\Sigma L_{лів}$) мінус сума правих кутів повороту ($\Sigma L_{прав}$) повинна дорівнювати різниці між початковим і кінцевим дирекційними кутами ($A_{поч} - A_{кін}$).

9. Побудова розгорнутого та умовного планів траси.

Розгорнутий план траси – це реальне відображення горизонтальної проекції траси на окремому кресленні або на карті з горизонталями (рис. 2.1.).

Умовний план траси – це відображення горизонтальної проекції траси на поздовжньому профілі чи іншому проектному документі, де прямі ділянки розташовуються на одній лінії, а криві показані зверху або знизу лінії залежно від напрямку повороту траси (*повороти вправо – зверху, повороти вліво – знизу*).

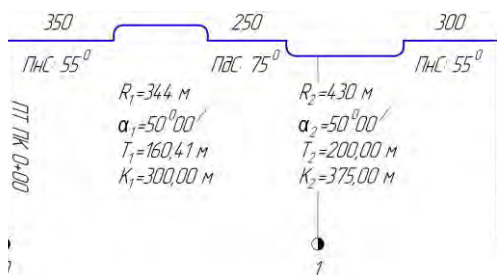


Рисунок 2.9 – Умовний план траси.

На такому плані також зазначаються основні елементи колових кривих та прямих ділянок плану дороги (рис. 2.9), а в подальшому відображаються в поздовжньому профілі траси.

Оформлення плану траси. Трасу на плані покажіть червоним кольором товщиною $0,7-0,8$ мм). Пікети позначте тонкими червоними рисками довжиною 3 мм, перпендикулярно до вісі траси. На кожному десятому пікеті покажіть кілометровий знак (довжиною 10 мм з кружечком $\varnothing 5$ мм).

Пунктирними лініями покажіть напрям радіусів кривої. Біля кожного кута повороту випишіть елементи колових кривих. Над кожним прямолінійним відрізком траси вкажіть румб лінії та її довжина, (наприклад

Пунктирними лініями покажіть напрям радіусів кривої. Біля кожного кута повороту випишіть елементи колових кривих. Над кожним прямолінійним відрізком траси вкажіть румб лінії та її довжина, (наприклад

$\frac{ПnC : 85^{\circ}00'}{750,0}$, рис. 2.1 та рис. 2.9).

Всі написи на плані траси виконайте червоним кольором.

Приклад оформлення плану наведений у додатку Е.

Зміст звіту. Звіт про виконану роботу включає короткий опис послідовності виконання робіт із частковим використанням теоретичної частини, обґрунтуванням отриманих результатів, а також оформленим індивідуальним планом траси, отриманим на практичній роботі № 1.

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ВОДОПРОПУСКНИХ СПОРУД

Мета роботи: набути практичних навичок з розрахунку розмірів малих водопропускних споруд.

Вихідні данні: топографічний план з нанесеною та оформленою проектною лінією траси; схема водозбірної басейну (дод. Г); карта дорожньо-кліматичного районування (дод. Д); таблиці коефіцієнтів, значень та характеристик для гідротехнічних розрахунків (дод. Е-Л).

Обладнання, матеріали та інструменти. Для виконання практичної роботи здобувачу до плану місцевості в масштабі 1:5000 видають карту водозбірних басейнів в масштабі 1:10000 (1:25000); область будівництва дороги; типи ґрунтів на водозбірних басейнах; місце розташування траси на водозбірних басейнах.

Загальні відомості. Здобувач повинен визначити витрату води в місці будівництва малих водопропускних споруд та розрахувати отвір, висоту і довжину моста та/або отвір труби.

Теоретичний матеріал:

Перед початком проектування поздовжнього профілю дороги (проектної – червоної лінії) необхідно визначити деякі, **контрольні точки** траси, що мають фіксовані (сталі) відмітки. Такими контрольними точками є: відмітки голівок рейок залізничних і бровок автомобільних доріг, що перетинаються трасою в одному рівні; відмітки бровок насипів над водопропускними трубами і відмітки настилів мостів, що визначаються за умови пропуску розрахункових витрат води через споруду.

Перший вид контрольних точок визначають безпосередньо на місцевості або на плані, а їх відмітки позначають у графі «відмітки бровок існуючих доріг». Другий вид визначають гідротехнічним розрахунком водопропускної споруди.

При перетинанні дорогою річок, ярів, інших знижуваних місць з періодично діючими водотоками необхідно проектувати водопропускні споруди для пропуску води через дорогу – водопропускні труби чи мости.

Слід зауважити, що не на кожному знижуваному місці потрібне проектування водопропускних споруд. Тому, передусім, вивчають на плані і поздовжньому профілі чорної лінії всі знижувані місця та визначають умови водовідведення від дороги. При невеликих зниженнях із незначною водозбірною площею водостік від дороги можна забезпечити поперечними кана-

вами, поздовжніми нагірними канавами, або передбачити проектування земляного полотна у більш високих насипах з урахуванням рекомендованих робочих відміток.

Визначивши місце, де потрібне проектування водопропускної споруди, встановлюють перш за все тип споруди – труба чи міст. З малих водопропускних споруд більш переважними є труби, які простіші в будівництві і експлуатації і не впливають на зручність і безпеку руху.

Мости проектують у таких випадках:

- коли для пропуску розрахункових витрат води потрібно влаштувати багатовічкові труби і за умовами рельєфу, якщо це технічно й економічно недоцільно;

- коли для укладання труби потрібно спорудження дуже високого насипу, що недоцільно за умовами будівництва;

- коли дорога перетинає водотік, який зимою перемерзає до дна. Льодова пробка, яка утворюється в трубі, закриває отвір, що при весняному розтаванні снігу призводить до підпору талих вод і довготривалого затоплення земель з верхового боку труби.

Розрахунок труби полягає в тому, щоб визначити її отвір, який забезпечить пропуск розрахункових витрат води в певних умовах її протікання, а також висоту насипу над трубою і мінімально допустиму відмітку брівки насипу, яка є контрольною відміткою при проектуванні поздовжнього профілю дороги.

Найбільш поширеними в дорожньому будівництві є круглі залізобетонні труби зі стандартними діаметрами 0,75, 1,0, 1,25, 1,5 і 2,0 м.

При розрахунку труб, перш за все, призначають режим протікання води в трубі, який може бути:

а) **безнапірним**, коли вода у трубі протікає з вільною поверхнею, не торкаючись верху труби. У безнапірному режимі труба працює при глибині потоку перед нею не більше як $1,2$ її діаметра, тобто $H < 1,2 \cdot d_{mp}$;

б) **напівнапірним** – коли глибина потоку води перед трубою більша ніж $H > 1,2 \cdot d_{mp}$, але не більша ніж $1,4 \cdot d_{mp}$.

в) **напірним** – коли глибина потоку води перед трубою $H > 1,4 \cdot d_{mp}$.

Призначення режиму, при якому буде функціонувати труба, виконують завчасно, залежно від характеру рельєфу улоговини, тобто її глибини і крутості схилів. Так, при перетині дорогою тальвегів з пологими схилами і невеликою глибиною доцільно призначити безнапірний режим, що забезпечить невелику глибину потоку води, меншу ширину дзеркала води перед трубою, а значить меншу площу затоплених земель і нижчу насип. Однак, для забезпечення такого режиму потрібні труби великого діаметра, що

збільшить капітальні витрати на будівництво.

Труби з напівнапірним і напірним режимами доцільно проектувати при перетині вузьких глибоких тальвегів з крутими схилами. У таких випадках підвищення рівня води не призведе до затоплення великих територій і дозволить зменшити будівельні витрати внаслідок застосування труб меншого діаметра.

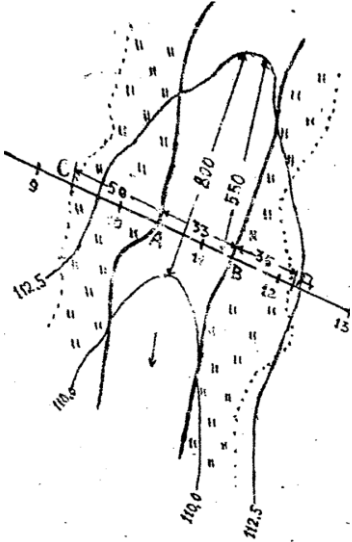


Рисунок 3.1 – Траса на перетині з улоговиною

Завдання 1. Розрахунок доцільності типу водопропускної споруди.

Водопропускні споруди проектують на перетинах як тимчасових, так і постійних водостоків. Їх розміри залежать від витрати води, тобто кількості води, що протікає за одиницю часу у тому місці водостоку, де передбачається міст або труба.

На плановому матеріалі визначають межі водозбірних басейнів і розраховують (див. схему дод. Г):

- 1) площу водозбірного басейну (графічним або механічним способом);
- 2) довжину головної улоговини (віддаль по осі тальвегу від споруди до вододілу) (рис. 3.1);

3) середній ухил головної улоговини i_0 , який розраховують за формулою:

$$i_0 = \frac{H_2 - H_1}{L}, \quad (3.1)$$

де H_2 – відмітка точки, з якої починається концентрація стоку в тальвезі біля вододілу і визначається шляхом інтерполювання з плану, м;

H_1 – відмітка дна улоговини в місці перетину трасою водотоку (рис. 3.1), м;

L – довжина головної улоговини, м.

Отримані дані, множимо на 1000 для обрахунку їх в проміле (‰):

Далі розраховують максимальну витрату поверхневого стоку. Залежно від району максимальна витрата може утворюватись від зливи

або сніготанення та зливи (змішана витрата)¹.

Розрахунок отвору водопропускних споруд залежить від витрати води, яка у свою чергу визначається гідравлічними розрахунками. Витрату, яка утворена в результаті зливи, вираховують за формулою: проф. Є.В.Болдакова²:

$$Q_{зл} = \psi (h - z)^m F^n \cdot k \cdot \gamma \cdot \delta, \quad (3.2)$$

де $Q_{зл}$ – витрата води від зливи, м³/см;

ψ – морфологічний коефіцієнт, який залежить від ухилу головної улоговини в промілі і визначають з табл. Е.1;

h – шар зливогого стоку, мм, тобто середня товщина шару опадів, що випали під час зливи без врахування води, що вбирається ґрунтом, визначають з табл. Е.2;

z – шар води на змочування рослинності, нерівностей мікрорельєфу з табл. Е.3;

F – площа басейну стоку, км². Визначають безпосередньо на плані графічним способом. Показники ступеня m і n дорівнюють приблизно 3/2 і 2/3 – відповідно. Тоді значення $(h-z)^m$ і F^n можна прийняти за табл. И.2 та И.3 (без виконання розрахунків).

k – коефіцієнт, який залежить від шорсткості русла (m_p) і схилів (m_c) басейну, і визначається за табл. Ж.1-Ж.3;

γ – коефіцієнт, який враховує ймовірність охоплення зливою лише частини басейну (0,6–1,0).

δ – коефіцієнт озерності басейну: залежить від питомої ваги (y %) площі озер, боліт, западин, які затримують частину стоку, в загальній площі басейну. Її визначають за табл. Ж.4.

Для цих розрахунків слід користуватися таблицями із додатків Ж–К.

Інформація: територія Карпат, а також територія на захід від вододілу між Бугом та Дністром належить до **III** зливогого району, решти території України – до **I** зливогого району (дод. Ж і табл. К.1).

Категорії ґрунтів за інтенсивністю вбирання поділяють так:

II – глини, такіри, вимощені поверхні;

III – суглинки, підзоли, підзолисті та сірі лісові суглинки, тучні і суглинкові чорноземи, сіроземи, суглинкові і глинисті, арктичні тундрові і болотні ґрунти;

IV – чорнозем звичайний та південний, світло-каштанові та темно-каштанові ґрунти, карбонатні ґрунти.

Тоді, величину h слід визначати з табл. Ж.2 із врахуванням зливогого району, категорії ґрунтів на території басейну та ймовірності перевищення розрахункових максимальних витрат.

Залежно від технічної категорії дороги (п. 4.1 ДБН В.2.3-4:2015) і типу споруди (п. 6.1.1 ДБН В.2.3-22:2009) приймають, що вірогідність

перевищення розрахункової зливи (**ВП**) (табл. 3.1):

- для **мостів**: на дорогах IV-V категорій один раз за 50 років, тобто **ВП** – 1:50, або **2 %** забезпеченість; на внутрішніх господарських в сільськогосподарських підприємствах один раз за 33 роки, тобто **ВП** – 1:33, або **3 %**;

- для **труб**: на дорогах II-III категорії – один раз за 50 років (**ВП** – **2%**), на дорогах IV-V категорій – один раз за 33 роки (**ВП** – **3 %**).

Таким чином, для розрахунку капітальних водопропускних споруд на дорогах III-IV категорії імовірність перевищення паводку приймають 1:50, а на дорогах V п'ятої категорії та на внутрішніх господарських в сільськогосподарських підприємствах – 1:33 (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – **Товщина шару зливого стоку при $z = 0$**

№ зливого району	Категорія ґрунтів за інтенсивністю вбирання	Вірогідність перевищення паводку (ВП)	
		1:33	1:50
I	II	23	30
	III	17	24
	IV	8	20
	V	0	2
II	II	27	35
	III	19	30
	IV	15	27
	V	0	4
III	II	26	33
	III	20	28
	IV	14	25
	V	0	0

На основі проведених розрахунків підбирають доцільний тип водопропускної споруди – міст чи трубу. На практиці перевагу віддають круглим трубам.

Мости проектують на постійних водотоках або на тих, де треба встановити труби діаметром, більшим від стандартного.

Завдання 2. Визначення діаметра та довжини труби

Розрахунок труби полягає в тому, щоб визначити її отвір, який забезпечить пропуск розрахункових витрат води в певних умовах її протікання, а також висоту насипу над трубою і мінімально допустиму відмітку брівки насипу, яка є контрольною відміткою при проектуванні поздовжнього профілю дороги.

Оскільки для стандартних труб величини витрат води і отвору пов'язані між собою певними співвідношеннями, то розрахунок труби з необхідною пропускною здатністю зводиться до підбору труби відповідного діаметру за допомогою спеціальних таблиць (дод. Л). За максимальними витратами від зливого стоку $Q_{зл}$ підбирають такий діаметр труби, який забезпечить протікання потоку води у призначеному режимі, що перевіряється порівнянням глибини води перед трубою H і діаметром труби $d_{тр}$.

Якщо розраховані витрати не можуть бути пропущені одновірковою трубою, проектуються дво- або тривіркові труби за зменшеними витратами $Q/2$ або $Q/3$. При напірному режимі призначають оголівки труби типу II – обтічні, при інших режимах – типу I – порталні, розтрубні, «комірникові». Таким чином у результаті розрахунків встановлюють:

- режим роботи і діаметр труби $d_{тр}$;
- глибину потоку води перед трубою H ;
- швидкість протікання води в трубі V .

Орієнтовану довжину труби $L_{тр}$ визначають за формулою:

$$L_{тр} = B + 2mh_{нас}, \text{ м,}^3 \quad (3.3)$$

де B – ширина дорожнього полотна, м;
 m – коефіцієнт закладання відкосів (0,75);
 $h_{нас}$ – висота насипу над трубою, м.

При значенні $Q_{зл} < 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ приймають без розрахунків трубу діаметром 0,75 м, якщо її довжина < 15 м, або діаметром 1,0 м при довжині труби > 15 м.

Мінімальну висоту насипу і відмітку брівки над трубою (контрольну відмітку) визначають залежно від режиму протікання води в трубі.

При безнапірному режимі, якщо глибина потоку води перед трубою H не перевищує діаметра труби, відмітка брівки буде складати:

$$H_{бр} = H_{mm} + d_{тр} + C + 0,5 \text{ м;} \quad (3.4)$$

Якщо глибина потоку води більша діаметра труби, то:

$$H_{бр} = H_{mm} + d_{тр} + C + 0,5 \text{ м,} \quad (3.5)$$

де H_{mm} – відмітка точки тальвегу в місці закладки труби;
 $d_{тр}$ – діаметр труби, м;
 C – товщина стінок труби (0,1 -0,2 м);
 $0,5$ або $1,0$ м – мінімальна товщина земляного насипу над верхом труби, або над дзеркалом води.

Отримані відмітки є контрольними, нижче яких проектування проектної лінії на поздовжньому профілі неприпустиме. Зміна розрахункової відмітки брівки в більший бік можлива при необхідності узгодження схилів суміжних ділянок траси на поздовжньому профілі.

Завдання 3. Визначення отвору та довжини моста

Розрахунки проводяться в такому порядку.

1. Визначають побутову глибина потоку:

а) вираховують модуль витрати K за формулою:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{i}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.6)$$

де Q – розрахункова витрата води, $\text{м}^3/\text{с}$;

i – поздовжній ухил тальвегу в зоні спорудження моста, $\%$. Його визначають за формулою:

$$i_o = \frac{H_2 - H_1}{300}, \quad (3.7)$$

де H_2 – відмітка дна улоговини на 200 м вище моста за течією водотоку (рис. 3.2);

H_1 – відмітка дна улоговини на 100 м нижче моста; (відмітки H_1 і H_2 визначаються за допомогою інтерполяції на плановому матеріалі, де проектується траса);

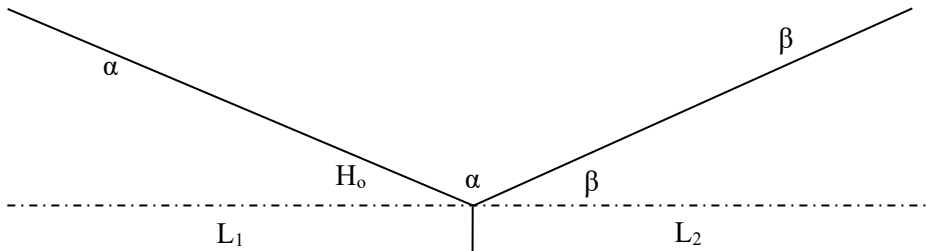


Рисунок 3.2 – Поперечний переріз водотоку

б) визначають геометричну характеристика (I) отвору водотоку в місці проектного масиву за формулою:

$$I = \frac{l_1}{H_1 - H_0} + \frac{l_2}{H_2 - H_0} = \frac{1}{i_1} + \frac{1}{i_2}, \quad (3.8)$$

де l_1 і l_2 – віддалі нижче та вище моста за течією водотоку (100 і 200 м відповідно);

i_1, i_2 – ухили схилу улоговини в місці перетину траси водотоку (рис. 3.2 за ф. 3.7);

H_0, H_1 і H_2 – відмітки дна улоговини.

в) визначають побутову глибина (h_n) у водотоці за формулою:

$$h_n = m \sqrt[3]{\frac{K}{I}}, \quad (3.9)$$

де m – параметр, що враховує стан водотоку (в земляних руслах не зарослих можна прийняти 0,5, зарослих – 0,6).

K – модуль витрати (ф. 3.6)

2. Тепер визначають ширину розмиву потоку (Π)

$$\Pi = h_n \cdot I, \quad (3.10)$$

3. Надалі визначають площу живого перерізу (ω)

$$\omega = \frac{1}{2} I h_n^2, \text{ м}^2, \quad (3.11)$$

4. І, наостачу, визначають середню швидкість течії ($V_{\text{сер}}$)

$$V_{\text{сер}} = \frac{Q}{\omega}, \text{ м/с}. \quad (3.12)$$

На практиці при підході до моста живий переріз водотоку зменшується побудовою земляних насипів, тому розрахована побутова швидкість завжди збільшується, що у свою чергу дозволяє запроєктувати міст меншої довжини.

Швидкість течії під мостом приймають залежно від глибини водотоку і прийнятого типу укріплення русла (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Допустимі швидкості води під мостом

Тип укріплення русла під мостом	Глибина води в потоці, м			
	0,4	1,0	2,0	3,0
	Допустима швидкість, м/с			
Малощільні глини і суглинки	0,35	0,40	0,46	0,50
Щільні глини і суглинки	1,00	1,20	1,40	1,50
Середньощільні глини і суглинки	0,70	0,85	0,95	1,10
Дуже щільні глини і суглинки	1,10	1,70	1,90	2,10
Лесові ґрунти (в середньому)	0,60	0,70	0,80	0,85
Дернування пластом	0,80	1,20	1,30	1,40
Дернування стінкою	1,50	1,80	2,00	2,20
Кругляк 15 см	2,00	2,50	3,00	3,50
Кругляк 20 см	2,50	3,00	3,50	4,00
Одношарова бруківка	2,2-2,5	3,0-3,5	3,5-4,0	3,8-4,4
Двошарова бруківка	3,4-3,6	3,7-4,3	4,3-5,0	4,6-5,4
Бетон	4,2-7,5	5,0-9,0	5,7-10,0	6,2-11,0

Прийнявши швидкість течії залежно від типу укріплення русла, визначають критичну глибину потоку під мостом (h_k) за формулою:

$$h_k = \frac{v^2}{q}, \text{ м}, \quad (3.13)$$

де q – прискорення земного тяжіння – $9,81 \text{ м/с}^2$.

Одержану глибину порівнюють з побутовою (ф. 3.9) і визначають тип водозмиву. Якщо $h_n \leq 1,3 \cdot h_k$ – протікання води вільне, тобто незатоплений водозмив, якщо $h_n \geq 1,3 \cdot h_k$ – затоплений водозмив.

Завдання 4. Визначення отвору моста.

Якщо водозмив незатоплений ($B_{н.з}$), отвір моста визначають за формулою:

$$B_{н.з} = \frac{qQ}{Eh_n V}, \text{ м}, \quad (3.14)$$

де: V – прийнята швидкість протікання води під мостом, м/с ;

E – коефіцієнт стиску потоку опорами моста – $0,8-0,9$;

Q – розрахункова витрата води, $\text{м}^3/\text{с}$.

Якщо водозлив затоплений (B_z), розрахунки ведуть за формулою:

$$B_z = \frac{Q}{Eh_n V}, \text{ м}. \quad (3.15)$$

Розрахунковий отвір моста округлюють до найближчого стандартного значення ($B_o = 2; 3; 4; 5; 6; 7,5; 10; 12,5; 15; 20 \text{ м}$).

Глибину води (H_e) перед мостом в обох випадках розраховують за формулою:

$$H_e = h_k + \frac{V^2}{2q\varphi^2}, \text{ м}, \quad (3.16)$$

де h_k – критична глибина потоку під мостом, м ;

V – прийнята швидкість протікання води під мостом, м/с ;

q – розрахункова витрата води, $\text{м}^3/\text{с}$.

φ – коефіцієнт швидкості, який залежить від форми опори під мостом і приблизно дорівнює $0,9$.

Висоту моста (H_m) незалежно від схеми водозливу розраховують за формулою:

$$H_m = H + Z + K, \text{ м}, \quad (3.17)$$

де Z – віддаль між горизонтами води і низом перекриття моста, $0,5 \text{ м}$;

K – товщина конструктивного перекриття (для малих мостів – 1 м).

Довжину моста приймають рівною стандартному отвору плюс 1 м.

Зміст звіту. Звіт повинен містити короткий теоретичний курс з розрахунками та висновками до кожного завдання, а також оформленим планом із попередніх робіт та нанесеними малими водопропускними спорудами.

ПРОЕКТУВАННЯ ДОРОГИ У ПОЗДОВЖНЬОМУ ПРОФІЛІ

Мета роботи: набути практичних навичок проектування автомобільної дороги в поздовжньому профілі.

Вихідні данні: топографічний план з нанесеною проектною лінією траси та визначеними місцями закладання труб; державні стандарти та норми щодо проектування вулиць і автомобільних доріг.

Обладнання, матеріали та інструменти. Проектування дороги в поздовжньому профілі здобувач виконує на міліметровому папері, після нанесення осі дороги в «чорних» відмітках. Для розрахункових завдань використовують калькулятор, для графіки – креслярські приладдя.

Загальні відомості. Після узгодження з керівником практичних занять положення траси дороги в плані здобувач визначає відмітки пікетів і плюсових точок, складає поздовжній профіль траси, який буде на міліметровому папері (або у відповідному програмному середовищі, наприклад, за допомогою програмного продукту AutoCAD) по осі запроєктованої дороги в «чорних» відмітках. Після чого, знаходить місце положення контрольних точок і наносить положення «червоної лінії», а також визначає величину робочих відміток і оформляє поздовжній профіль.

Послідовність та методика виконання роботи

Поздовжній профіль складають на міліметровому папері висотою 50 см разом з рамкою та довжиною залежно від протяжності траси Зліва креслять боковик за розмірами наведеними на рис. 4.2. Горизонтальний масштаб профілю прийміть 1:2000, а вертикальний – 1:200, тобто 1/10.

Залежно від довжини траси оберіть розмір міліметрового паперу. Наприклад, довжина траси становить $L = 2650$ м, ширина боковика – 65 мм (6,5 см), ширина нижнього бокового штампу – 185 мм (18,5 см), відступ рамки зліва – 20 мм, справа (зверху і знизу) – 5 мм $((20 + 5)/10 = 2,5$ см) та врахуйте мінімальне наближення кресленика до рамки – 10 мм з обох боків $(10 + 10 = 20 = 2$ см). Для масштабу кресленика 1:2000 (в одному сантиметри 20 м) довжина профілю становить: $2650 / 20 = 132,5$ см. Тому $132,5 + 6,5 + 18,5 + 2,5 + 2,0 = 161,7$ см, тобто мінімальна довжина міліметрового паперу – 1 м 61,7 см. При цьому, висота формату становить 50 см – з урахуванням побудови поперечника. Це означає мінімальний розмір міліметрівки має становити 0,5 x 1,7 м.

Після визначення формату (розміру) міліметрового паперу,

побудуйте на ньому основу поздовжнього профілю за кількістю визначених пікетів та дотримуючись вимог зазначених на рис. 4.1.

Для побудови профілю з умовної точки, яка знаходиться у лівому нижньому куточку міліметрівки (від нижнього краю близько 5-6 см, а від лівого – близько 15 см), прокресліть горизонтальну та вертикальну олівцеву лінію. Зліва, від вертикальної олівцевої лінії, відносно умовної точки побудуйте боковик, за розмірами зазначеними на рис. 4.1.

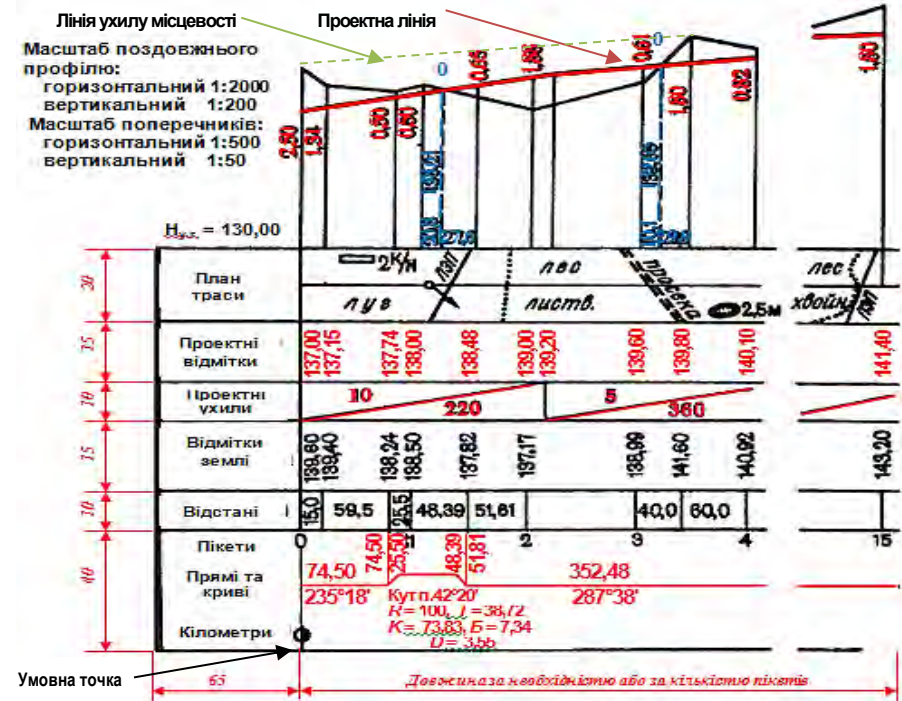


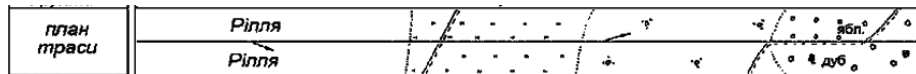
Рисунок 4.1 – Порядок проектування поздовжнього профілю з боковиком

Продовжить лінії строк боковика упродовж усього профілю.

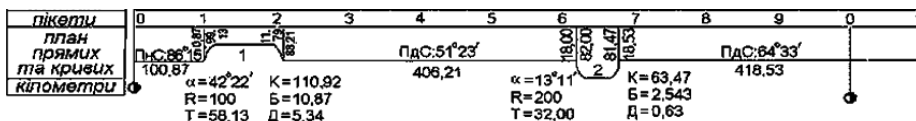
У строчці «Відстані» виконайте розбивку через 100 м (з урахуванням масштабу), а у строчці «Пікети» підпишіть номера пікетів починаючи з «0» (початок траси, див. рис. 4.1). Потім у строчці «Відстані» між відповідними пікетами виконайте розбивку плюсових точок із цифровим зазначенням відстаней між ними (контроль, сума плюсових точок дорівнює відстані між пікетами – 100 м):

відстані	0	43	57		45	38	17	25	75		32	68		50	50	
пікети	0	1	2		3	4	5	6	7	8	9	0				

У строчці «План траси», з карти по ліву та праву сторони, зарисуйте абриси з відображенням перетину траси угідь, доріг та перешкод (зафіксованими на пікетах та плюсових точках), а також покажіть місця поворотів (стрілкою покажіть напрямок повороту). Приклад показано нижче:



У строчці «План прямих та кривих» прокресліть поздовжню середню лінію та позначте дугові криві від початку до кінця повороту траси, як це показано нижче. З практичної роботи № 2 випишіть елементи колових кривих для відповідних кутів (дуга вигинається залежно від повороту траси вліво чи вправо), див. приклад нижче:



Побудуйте вертикальну лінію профілю, в масштабі 1/10 від поздовжнього (рис. 4.1), та виконайте її градацію з урахуванням мінімальних і максимальних відміток траси (дані з табл. 4.1). При цьому, обов'язково зазначте найнижчу відмітку від боковика профілю, напр. 160 м (рис. 4.2).

Користуючись планом траси, складають відомість відміток. Відмітки пікетів і плюсових точок визначить з плану із горизонталями шляхом інтерполяції або екстраполяції з точністю до 0,01 м (рис. 4.3). При цьому, плюсові точки беруть у місцях зміни ухилу місцевості або ж перетину з угіддями, повороту траси між пікетами тощо. Відомість відміток складають за формою табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – **Відомість відміток** (приклад)

Пікети <i>i</i> плюсові точки	Відмітки поверхні землі уздовж проектної вісі дороги, м
ПК0	139,60
ПК0 +15	139,40
ПК0 +74,50	138,24
ПК1	138,50
ПК1+ 48,39	137,82
ПК2	137,17
<i>i т. д.</i>	...

У строчку «Відмітки поверхні землі» (чорні відмітки) з таблиці 4.1 випишіть визначені висоти пікетів та плюсових точок (рис. 4.3).

На основі табл. 4.1 спочатку нанесіть відмітки траси, а вже потім

з'єднайте їх та викресліть лінію поверхні землі. Форма поздовжнього профілю наведена на рис. 4.1 та дод. М.

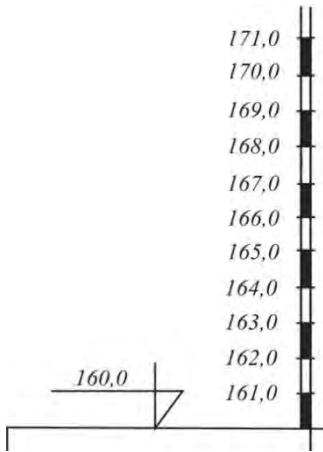


Рисунок 4.2 – Побудова вертикальної шкали для нанесення профілю.

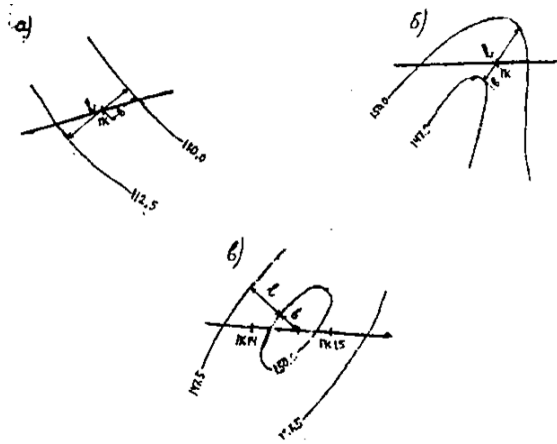


Рисунок 4.3 – Приклади визначення відміток точок методом інтерполяції

Основні вимоги до побудови проектної (червоної) лінії:

I. Нормативні показники, що наведені у вихідних даних, визначають наступним чином. Перший норматив – проектні відмітки в точці **A** і **B** приймають рівними відміткам поверхні землі плюс 0,3-0,7 м, а відмітки брівки насипу над трубою (висоти моста) беруть мінімум ніж в розрахунках в практичній роботі № 3. Другий і третій нормативи наведені у дод. А. Величина рекомендованої робочої відмітки залежить від дорожньо-кліматичної зони, типу місцевості за умовами зволоження ґрунтів і визначається з табл. 4.2.

II – зона надмірного зволоження, яка розташована в контурі Львів, Луцьк, Рівне, Тернопіль, Івано-Франківськ, Черновці, Хмельницький, Житомир, Вінниця, Київ, Черкаси, Кропивницький, Чернігів, Суми, Полтава, Дніпро, Харків, Луганськ, Донецьк;

III – зона змінного зволоження, яка розміщена на південь від II зони до лінії Ужгород, Одеса, Миколаїв, Херсон, Запоріжжя, Сімферополь;

IV – зона недостатнього зволоження. Розміщується південніше III зони до лінії Баку, Волгоград, Караганда;

V – в місцях з постійним надмірним зволоженням найменше піднесення брівки земляного полотна визначається залежно від рівня ґрунтових вод. У районах зі сніговими заносами це піднесення має

становити не менше півтори товщини снігового покриву в даній місцевості. Проте в будь-яких випадках під час проектування траси треба уникати високих насипів та глибоких виїмок.

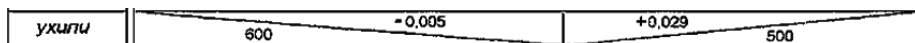
Таблиця 4.2 – **Рекомендоване найменше піднесення брівки земляного полотна над поверхнею землі, м**

Тип місцевості за хар-м зволоження	Ґрунти земляного полотна	Найменше підвищення брівки полотна дороги в дорожньо-кліматичних зонах, м		
		II	III	IV
I	Будь-які	0,2-0,3 м при умові, що дно корита не нижче, ніж поверхня землі		
II III	Пісок дрібний і середній, супісок легкий, грубий	<u>0,9</u> 1,1	<u>0,7</u> 0,9	<u>0,55</u> 0,75
	Пісок, супісок пілуватий	<u>1,2</u> 1,5	<u>1,0</u> 1,2	<u>0,8</u> 1,1
	Суглинок легкий, важкий, глини	<u>1,6</u> 2,2	<u>1,4</u> 1,8	<u>1,1</u> 1,5
	Супісок важкий і ілуватий, суглинок легкий пілуватий, суглинок важкий пілуватий	<u>1,8</u> 2,4	<u>1,5</u> 2,1	<u>1,3</u> 1,8

2. Мінімальний крок проектування для доріг *IV* технічної категорії дорівнює 150 м, для *V* – 100 м. Тобто, це мінімальна відстань при переламі проектної лінії при підвищенні місцевості на пониження і навпаки.

3. Нанесення проектної лінії починають з того, що спочатку з урахуванням контрольних точок на профілі, намічають її положення, далі визначають проектні відмітки на її переломах та величини ухилів, які округляють до сотих (рис. 4.1). Тому, спочатку спроектуйте проектну лінію таким чином, щоб об'єм зрізів наближено дорівнював об'єму насипів для загального зменшення об'єму робіт, з урахуванням зазначених вище вимог щодо брівки полотна дороги та малих водопропускних споруд, тобто проектна лінія має пройти над цими спорудами не нижче обрахованих. Перевірте відповідність проектної лінії до вимог ДСТУ, та викресліть її червоним кольором.

Наступним кроком, необхідно розрахувати ухили (у тисячних) між зламами проектної лінії з урахуванням довжин, та запишіть їх у строчку «Ухили» (зверху від похилої – ухил, а знизу – відстань між зламами проектної лінії, як це показано нижче. Якщо ухил додатний, лінію похилу накресліть знизу догори, а якщо від'ємний – зверху донизу:



Поздовжній ухил проектної лінії на даному відрізку дороги буде дорівнювати:

$$i = \frac{125,75 - 120,50}{250} = 0,021.$$

Залежно від ухилу (i), розрахуйте проектні (червоні) відмітки ($H_{пр}$) для пікетів та плюсових точок, з контролем на кінцеву відмітку ухилу. Для цього, за відкорегованими ухилами і віддалю (L) знайдіть проектні відмітки за формулою:

$$H_{пр} = H + i \cdot L, \quad (4.1)$$

де H – проектна відмітка попередньої точки;

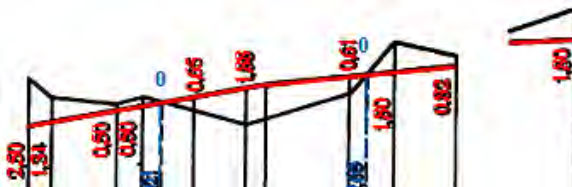
i – ухил проектної лінії на даному відрізку;

L – віддаль від перелому проектної лінії до даної точки.

Результати запишіть у строчку «Проектні відмітки» червоним кольором:

Проектні відмітки	137,00	137,15	137,74	138,00	138,48	139,00	139,20	139,60	139,80	140,10	141,40
-------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Обрахуйте різниці між «червоними» та «чорними» відмітками. І якщо значення буде додатнім – запишіть їх результат над проектною лінією, а якщо від’ємний – знизу, червоним кольором:



Приклади:

1. На відрізку ПК0–ПК2+50 ухил місцевості не перевищує допустимого (дод. А) і тому проектна лінія наноситься за методом обгортуючої (наближеною до усереднених ухилів місцевості.) Відмітки поверхні землі відповідно дорівнюють 122,50 і 125,40 м (рис. 4.4).

Дорогу будують у IV дорожньо-кліматичній зоні, де ґрунти – середньо-оптимальні суміші. Рекомендована робоча відмітка становить не менше 0,3 м. Тому проектні («червоні») відмітки будуть відповідно (рис. 4.4):

$$\text{на ПК0} \quad 120,20 + 0,30 = 120,50 \text{ м};$$

$$\text{на ПК2+50} \quad 125,40 + 0,35 = 125,75 \text{ м}.$$

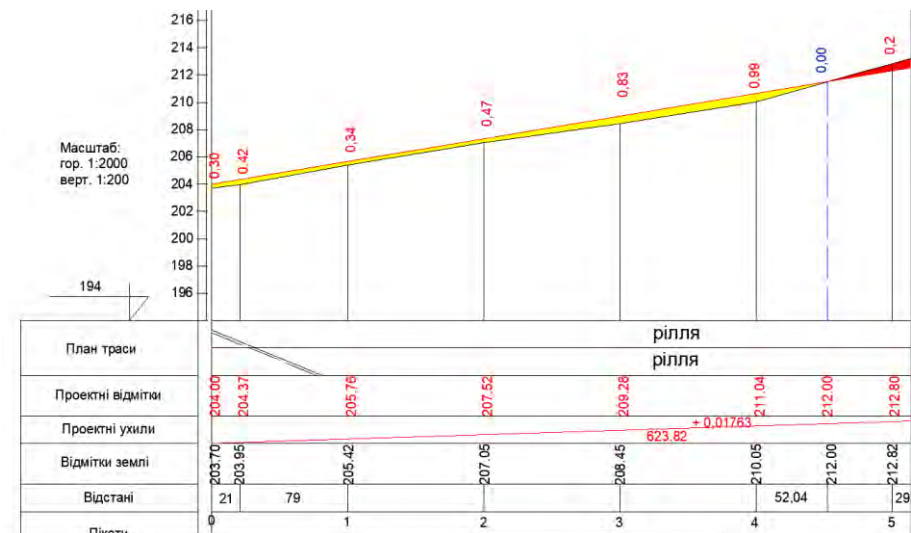


Рисунок 4.4 – Фрагмент проектування поздовжнього профілю

При цьому проектна поздовжня лінія траси проектується з таким розрахунком, щоб кількість земляних робіт (насіпів і виїмок) була мінімальною. Тобто, траса максимально наближалась до ухилів місцевості – обгортала її.

2. Тоді, відмітки проміжних пікетів будуть становити:

$$ПК1 \quad 120,50 + 0,021 \cdot 100 = 122,60 \text{ м};$$

$$ПК2 \quad 120,50 + 0,021 \cdot 200 = 124,70 \text{ м}.$$

Робочі відмітки – висоту насипу чи глибину виїмки – визначають як різницю між проектними відмітками та відмітками поверхні землі. Висоту насипу виписують над проектною лінією, глибину виїмки – під нею (рис. 4.1).

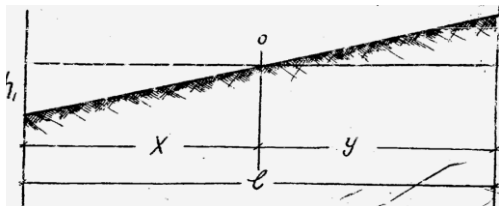


Рисунок 4.5 – Визначення точок нульових робіт

3. Визначається місцеположення точки нульових робіт (перетин проектної лінії з лінією поверхні землі, рис. 4.5) за формулою:

$$X = \frac{h_1}{h_1 + h_2} L, \quad (4.2)$$

де h_1 і h_2 – робочі відмітки відповідно на попередньому і наступному пікетах;
 L – віддаль між пікетами, м.

Решту віддалі Y визначають як різницю віддалі між точками пікетів (I) і обрахованого відрізка X .

Проектування вертикальних кривих.

Вертикальні криві проектується для того, щоб забезпечити плавність руху і видимість на переломах проектної лінії, де алгебраїчна різниця ухилів становить 20 і більше тисячних, тобто $i_1 - i_2 > 20\text{‰}$. Елементи вертикальних кривих розраховуються за формулами:

$$K = R \times (i_1 - i_2), \quad T = \frac{K}{2}, \quad B = \frac{T^2}{2R}, \quad (4.3)$$

де i_1 та i_2 – ухили проектної лінії в тисячних. На підйомах (за ходом профілю) приймають зі знаком плюс, на спусках – зі знаком мінус;

R – радіус вертикальної кривої, м. Приймають відповідно до категорії дороги зазначеній у дод. А.

Після розрахунку вертикальних кривих вводиться поправка в робочі відмітки на відрізках кривих. Поправки вираховують за ф. 4.3, де замість тангенса береться віддаль від початку або кінця кривої до точки, що визначаються.

Якщо вертикальна крива випукла, то поправка вводиться зі знаком «мінус», якщо вгнута – зі знаком «плюс». На профілі попередню робочу відмітку беруть в дужки, а виправлену пишуть поруч без дужок.

Оформлення поздовжнього профілю

Як вже зазначалося, зразок поздовжнього профілю показано у дод. М. Всі дані в графах 8, 9 і 12 та лінію на плані траси в графі 1 викреслюють червоним кольором. Цим же кольором показують робочі відмітки, вертикальні криві та їх елементи, водопропускні споруди. Точки нульових робіт та віддалі до них позначаються синім кольором.

Криві в плані позначають у вигляді випуклої дуги дороги (поворот вправо) або донизу (поворот вліво). Тут же виписують всі елементи кривої, віддаль від початку і до кінця кривої до найближчих пікетів.

Вертикальні криві показують у вигляді скоби, довжина якої дорівнює довжині кривої. Якщо крива випукла, то кінці скоби спрямовані донизу, вгнута – догори.

Умовним знаком показують мости і труби, і над робочими відмітками вертикально підписують їх розміри та пікетажне значення осі (рис. 4.6).

Наприклад, $\frac{з.б.тр.L = 2.0}{ПК3 + 40}$ або $\frac{з.б.м.4м}{ПК7 + 17}$, це означає, що на ПК3+40 – залізобетонна труба діаметром 2 м, одноочкова, або ж на ПК7+17 запроектований залізобетонний міст з отвором 4 м.

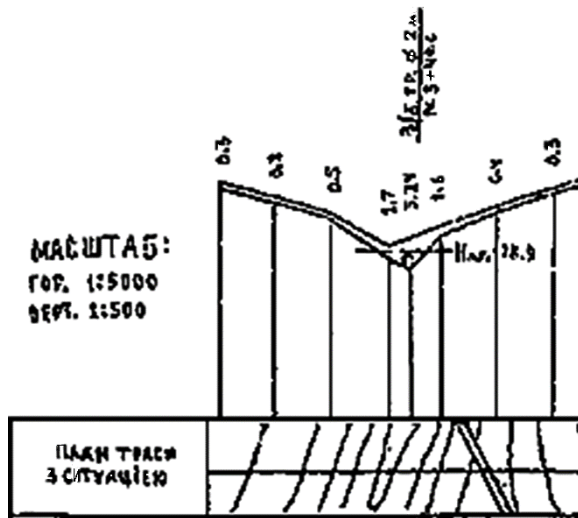


Рисунок 4.6 – Зразок оформлення труби з робочими відмітками на профілі траси

По завершенню креслення оформлюють рамкою з кутовим штампом (дод. Н.1).

Зміст звіту включає часткове використання теоретичної частини з обґрунтуванням методів проектування, його результатів і може включати як розділи так і підрозділи. Наприклад:

1. Загальні відомості про проектування дороги в плані.
2. Проектування поздовжнього профілю траси.
 - 2.1. Основні вимоги до проектування поздовжнього профілю дороги
 - 2.2. Визначення земляного полотна та робочих відміток.
2. Нанесення проектної лінії траси.
 - 2.1. Основні вимоги до проектної лінії та дорожнього полотна.
 - 2.2. Способи нанесення проектної лінії траси.
 - 2.3. Вертикальні криві.
 - 2.4. Визначення «червоних» та «нульових» відміток дороги.
3. Методика складання поздовжнього профілю траси.
4. Основні правила та вимоги до оформлення поздовжнього профілю траси.

При створенні звіту користуйтеся функцією *Print Skreen* для створення супроводжуючих записці картинок. Також, до звіту додається накреслений та оформлений поздовжній профіль траси на міліметровому папері.

Або ж, як альтернатива і впроваджуючи вимоги сучасності, про що зазначалося раніше, поздовжній профіль траси може бути оформлений в графічному програмному середовищі, наприклад, AutoCAD (це дасть змогу студентами реалізувати набуті раніше знання із застосування комп'ютерної графіки та інженерних наук в топографо-геодезичній та земельно-кадастрові галузі).

Проектування земляного полотна і дорожнього водовідводу

Мета роботи: набути практичних навичок з викреслення поперечних профілів дороги в насипу, виїмці та точці нульових робіт.

Вихідні данні: топографічний план з нанесеною та пікетованою проектною лінією траси; поздовжній профіль траси; державні стандарти та норми щодо проектування вулиць та автомобільних доріг.

Обладнання, матеріали та інструменти. Робота виконується на складеному поздовжньому профілі в характерних точках насипу, виївці та точці нульових робіт. Для розрахункових завдань використовують калькулятор, а для графічних робіт – креслярські приладдя.

Загальні відомості. На запроєктованому поздовжньому профілі здобувач визначає три відмітки, які характеризують низький насип з бічними канавами, насип середньої висоти і виїмку. На поздовжньому профілі на будь-якому відповідному пікеті необхідно побудувати три поперечні профілі, які б характеризували вищезазначені відмітки.

Теоретичний матеріал:

Проектування земляного полотна полягає в розробці поперечних профілів, які забезпечують його стійкість і тривалість, зручність і безпеку руху, захист від надмірного зволоження фунту поверхневими і ґрунтовими водами. Тому при проектуванні поперечних профілів проробляють як форму і розміри земляного полотна на різних ділянках, так і необхідні споруди для збору, затримання і відводу води.

Основними типовими формами земляного полотна є:

- а) низькі насипи (до 0,6 м) з бічними канавами (кюветами);
- б) насипи середні (від 0,6 до 2,0 м) і високі (від 2,0 до 12,0 м);
- в) виїмки.

Земляне полотно складається з таких елементів: проїзна частина, узбіччя, які створюють дорожнє полотно, схили земляного полотна і кювети, якщо вони потрібні.

Ширина проїзної частини, число смуг руху і їх ширина, а також ширина узбічч визначається технічними нормативами, визначеними державними будівельними нормами та стандартами (дод. А).

Укоси земляного полотна являють собою правильно сплановані похилі площини відповідної крутизни. Крутизна укосів характеризується коефіцієнтом закладення m і визначається, як відношення висот укосу h до його горизонтальної проекції – закладення mh (рис. 5.1):

$$\frac{h}{m \cdot h} = \frac{1}{m} \quad (5.1)$$

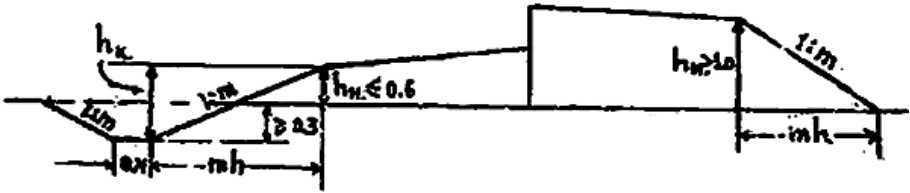


Рисунок 5.1 – Укоси земляного полотна

Таким чином, щоб побудувати укіс крутизною $1:m$ при висоті схилу h_n достатньо визначите величину закладення mh .

У насипах висотою до 1,0 м укоси проектують достатньо пологими $1:3-1:5$, в більш високих насипах та у виїмках крутизну укосів призначають більшу – $1:1,5$, щоб не збільшувати ширину земляного полотна і обсяг земляних робіт (права частина на рис. 5.1).

Низький насип з бічними канавами – найбільш поширена форма земляного полотна, особливо в рівнинній сухій місцевості, де не потрібно спорудження високих насипів. У таких умовах рекомендується робочу відмітку призначати в межах $0,2-0,3$ м, з урахуванням товщини дорожнього одягу і максимальної висоти снігового покриву вона може бути збільшена до $0,5-0,6$ м (табл. 4.2).

Для спорудження таких невисоких насипів достатньо ґрунту з нормальних або розширених кюветів, який пересувається на земляне полотно дорожніми машинами в процесі спеціального виду робіт – профілювання.

Кювети призначені для збору і відводу води, яка стікає з дорожнього полотна і обрізів. Влаштовують їх безпосередньо біля підшови насипу і укіс насипу переходить у внутрішній укіс кювету, як це показано в лівій частині рис. 5.1. Поперечний перетин кювету може бути трапецієподібної або трикутної форми. Трапецієподібні кювети споруджують в районах з великою кількістю опадів, на важких слабодренуючих ґрунтах, у місцевості з високим стоянням фунтових вод. У місцевостях з легкими ґрунтами, з низьким рівнем фунтових вод споруджують кювети трикутної форми.

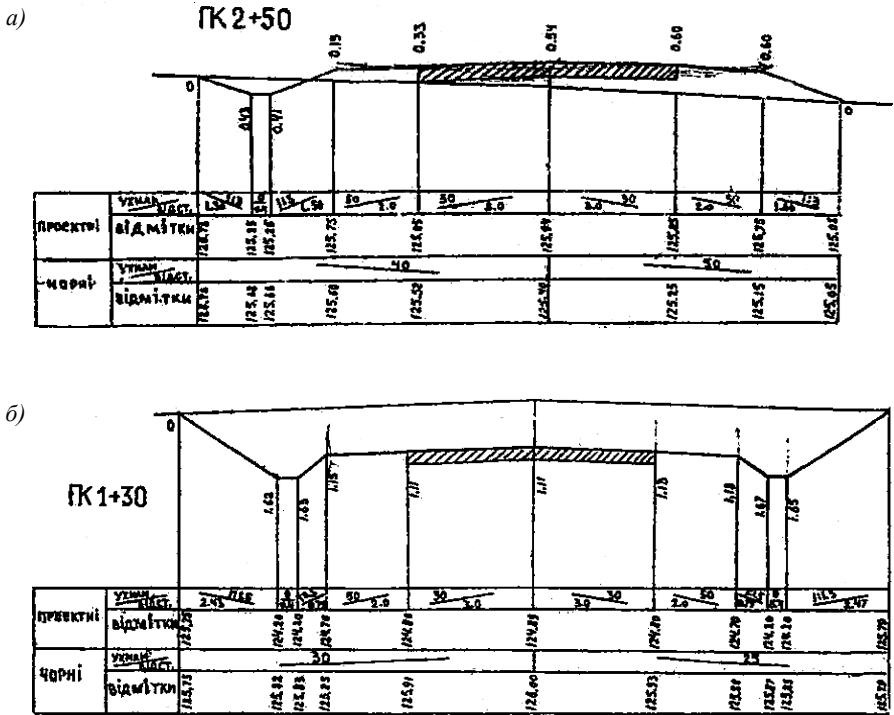
Глибина кюветів вимірюється від брівки до дна і призначається: для трапецієподібних кюветів від $0,5$ до $1,0$ м, для трикутних $0,5-0,6$ м. причому глибина канави від поверхні землі до дна повинна бути не менше ніж $0,3$ м.

Послідовність та методика виконання роботи

Завдання на проектування передбачає побудову двох-трьох профілів: низьку насип з бічними канавами, насип середньої висоти і виїмку. Ці профілі будуються на будь-якому відповідному пікеті, вибраному з поздовжнього профілю.

Побудову поперечного профілю земляного полотна виконують за зразком, наведеним на рис. 5.2.

На пікеті, де будується поперечний профіль, з плану траси береться «поперечник», тобто будується поздовжній профіль лінії, перпендикулярній трасі. Протяжність цього поперечника повинна бути достатньою для розміщення всіх елементів земляного полотна і дорожніх споруд – кюветів, резервів, нагорних канав і ін. Для цього достатньо взяти поперечник довжиною 20-30 м по 10-15 м з обох боків траси з інтервалом розмітки через 3-5 м.



- a) поперечний профіль дороги в насипу;
 б) поперечний профіль дороги у виїмці.

Рисунок 5.2 – Поперечні профілі земляного полотна.

Відмітки кінців поперечника, які визначаються за картою, і відмітку осі траси, яка зазначена на поздовжньому профілі, записують в графу чорних відміток сітки і згідно з ними будують чорну лінію в масштабі 1:100, яка зображує рельєф місцевості упоперек траси, і визначають її ухил.

В графу «проектні ухили (відстань)» записують розміри смуг руху, проїзної частини, узбіч (дод. А) і їх поперечні ухили (рис. 5.2), а в графу «проектні відмітки» – відмітку брівки земляного полотна, яка зазначена на поздовжньому профілі.

Згідно з проектними показниками визначають проектні відмітки окрайок дорожнього одягу і осі, розраховуючи спочатку перевищення між брівкою і окрайкою, потім – між окрайкою та віссю.

За наведеним на рис. 5.2 прикладом: $124,70 + 0,050 \times 2,0 = 124,80$, $124,80 + 0,030 \times 3,0 = 124,89$. Для цих точок визначають чорні відмітки як різницю між проектними і чорними відмітками. Але схили земляного полотна проектують, залежно від крутизни, як це вказано раніше.

При необхідності проектування кюветів призначають їх глибину (з урахуванням висоти брівки), визначають проектну відмітку дна і згідно з призначеним коефіцієнтом закладення m розраховують величину mh , відкладають її на профілі і з'єднують з брівкою (див. рис. 5.1). Це і буде схил крутизною $1/m$. Таким же чином будують зовнішній схил кювету чи виїмки. Далі розраховують всі інші проектні, чорні і робочі відмітки, показують дорожній одяг (коритний, напівкоритний чи серпоподібний (рис. 5.3), а також визначають розміри всіх елементів земляного полотна.

За необхідності проектування резервів їх розрахунок виконують, виходячи з балансу земляних мас: $V_{рез} = V_{нас}$. Середній перетин насипу (ω_0), який споруджується з ґрунту резерву, визначають за формулами:

$$\omega_0 = \frac{V_{нас}}{2l} \text{ – при двобічних резервах}$$

або

$$\omega_0 = \frac{V_{нас}}{l} \text{ – при однобічних резервах.}$$

Ширина резерву визначають

$$\begin{aligned} \text{по дну: } b_1 &= \frac{\omega_0}{n_0} - mh_0; \\ \text{по верху: } b_2 &= \frac{\omega_0}{n_0} - mh_0 \end{aligned} \quad (5.2)$$

де l – довжина ділянки насипу, яка споруджується з ґрунту резерву (визначається за поздовжнім профілем);

$V_{нас}$ – об'єм земляних мас насипу;

h_0 – середня глибина резерву від поверхні землі (не більше як 1,5 м);

m – коефіцієнт крутизни схилу резерву (1,5).

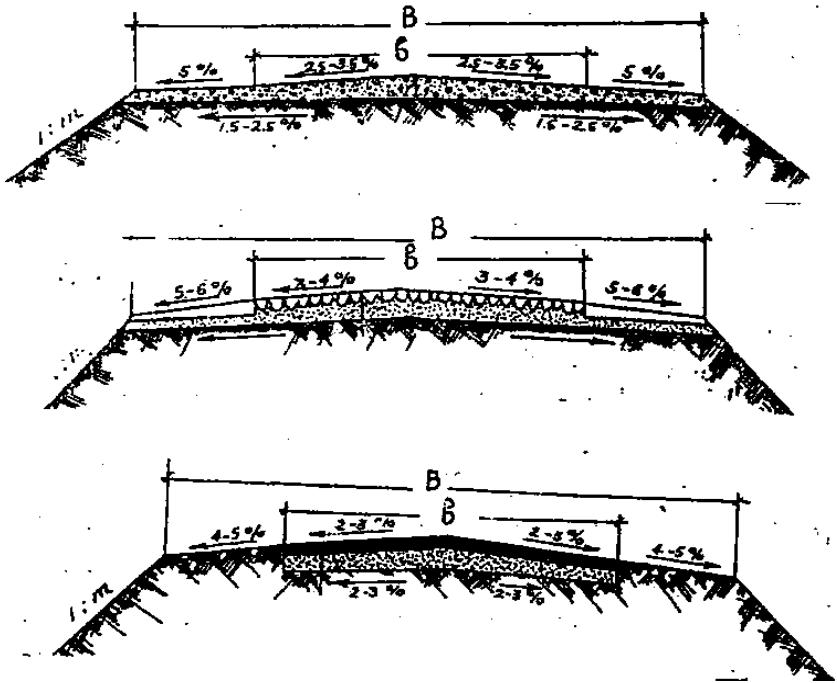


Рисунок 5.3 – Поперечні профілі дороги з різним типом покриття

Резерв шириною до 6 м він закладається безпосередньо біля підшови насипу; при ширині більше 6 м резерв закладається на відстані не менше 2 м від підшови насипу, створюючи берму з ухилом 2% у бік резерву. Поперечний ухил дна резерву – 2%.

Зміст звіту включає частково теоретичну частину пов'язану із обґрунтуванням результатів розрахунків та висновків до них.

Визначення об'єму земляних робіт

Мета роботи: набути практичних навичок з визначення об'єму земляних робіт на запроєктованій ділянці дороги.

Вихідні данні: поздовжній профіль траси; таблиці Н.А. Мітіна для підрахунку об'єму насипу і виїмок (дод. Р); коефіцієнти призматоїдальних поправок для насипу і виїмок (дод. С.2).

Обладнання, матеріали та інструменти. Робота виконується на складеному поздовжньому профілі в характерних перетинах. Об'єм земляних робіт підраховують за таблицями Н.А. Мітіна і з використанням калькуляторів.

Загальні відомості. На запроєктованому поздовжньому профілі здобувач визначає робочі відмітки, які записує у відомість. За величиною цих відміток розраховує об'єм земляних робіт.

Теоретичний матеріал:

Об'єм земляних робіт визначається за поздовжнім профілем траси і поперечним профілями земляного полотна окремо за насипами і виїмками, за винятком мостів, довжина яких перевищує 4 м (рис. 6.1). Об'єми насипів і виїмок обчислюють без урахування кюветів, земляне полотно приймається у формі трапецій з висотами, рівними робочим відміткам. Спочатку на поздовжньому профілі визначають положення точок переходу з насипів у виїмки (і навпаки) – *точок нульових робіт* (рис. 4.4). Їх положення, відносно найближчих пікетів, визначають за формулами:

$$X = \frac{h_1}{h_1+h_2} \cdot l, y = \frac{h_2}{h_1+h_2} \cdot l, \quad (5.1)$$

де X – відстань нульової точки від найближчого «молодшого» пікету або +ї точки;

y – відстань від нульової точки до найближчого «старшого» пікету або +ї точки;

h_1 і h_2 – робочі відмітки насипу і виїмки;

l – відстань між точками з робочими відмітками h_1 і h_2 .

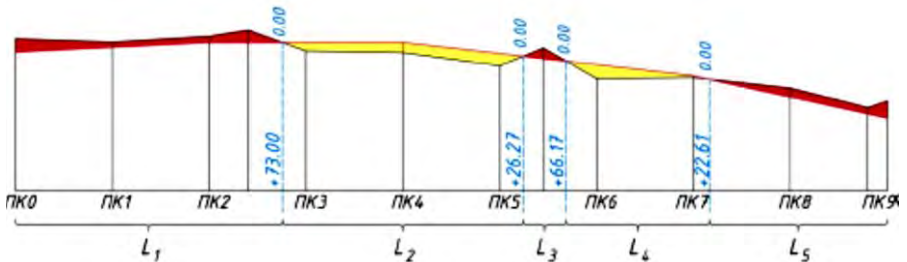


Рисунок 6.1 – Принцип поділу земляного тіла

Розрахунок об'ємів виконують по ділянках поздовжнього профілю, межами яких є точки перелому проектної і (або) чорної лінії.

Об'єм земляних робіт обчислюють за формулою:

$$V = F_{\text{сер}} \cdot l + \frac{m}{12} (h_1 - h_2)^2 \cdot l, \text{ м}^2 \quad (5.2)$$

Середня площа поперечного перетину земляного полотна $F_{\text{сер}}$ на ділянці протяжністю l , визначається за формулами:

для насипу: $F_{\text{сер}}^H = b \cdot h_{\text{сер}} + m h_{\text{сер}}^2, \text{ м}^2$

для виїмки: $F_{\text{сер}}^B = (b + 2k) \cdot h_{\text{сер}} + m h_{\text{сер}}^2, \text{ м}^2$

(5.3)

де h_1 і h_2 – робочі відмітки в початку і в кінці ділянки протяжністю « l »;

$h_{\text{сер}}$ – середня робоча відмітка на ділянці;

k – ширина кювета у виїмці поверху;

m – коефіцієнт закладання схилу.

Об'єм земляних робіт з достатньою точністю підраховують за першою частиною ф. 5.2. Другий член формули (поправку) використовують лише тоді, коли різниця робочих відміток $h_1 - h_2 > 1$ м, при відстані $l > 50$ м. Якщо $l < 50$ м поправку вводять при різниці $h_1 - h_2 > 2$ м.

Розрахунок об'ємів за даними, що заносяться у «Відомість розрахунку об'ємів земляних робіт», яка має форму, наведену в табл. 6.1. Загальний об'єм насипів і виїмок складає *профільну кубатуру*

$$V_{\text{проф}} = V_n + V_v. \quad (5.3)$$

Різниця між профільною кубатурою $V_{\text{проф}}$ і об'ємами ґрунту, який переміщується з виїмок в насипи, складає *робочу кубатуру*, за об'єм якої сплачують будівельні організації. Тому робочу кубатуру називають також *сплачувальною кубатурою*.

Практично сплачувальною кубатурою є об'єм, якого більший.

Послідовність та методика виконання роботи

Об'єм земляних робіт може бути визначений різними способами: за допомогою формул, графіків, таблиць, номограм та планіметра. У даному випадку рекомендується користування таблицями (табл. 6.1), складеними на основі таблиць Н.А.Мітіна (дод. Р та С.2).

Далі вираховують поправки за влаштування корита:

$$\Delta V_{\text{кор}} = h \cdot b \cdot L, \quad (5.4)$$

де h – глибина корита, 0,3 м;

b – ширина проїзної частини, м (дод. А);

L – довжина масиву насипу або виїмки, м.

Виконайте розрахунки, а результати занесіть до таблиці, форма і приклад заповнення якої наведено у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Відомість вирахування об'єму земляних робіт (зразок)

Номери пікетів і плюсових точок	Робочі відмітки		h_1+h_2	h_1-h_2	L	Насип, м ²			Виїмка, м ²				
	насип	виїмка				Q	ΔQ	Q_n'	Q	ΔQ	ΔQ	Q_v'	
0	0,60												
			1,40	0,20	100	633	-	633	-	-	-	-	-
1	0,80												
			1,40	0,20	80	506	-	506	-	-	-	-	-
+80	0,60												
			1,30	0,10	20	117	-	117	-	-	-	-	-
2	0,70												
			0,70	0,70	40	209	-	209	-				
+40	0,00	0,00											
			0,80	0,80	60	-	-	-	633	192	-	825	
3		0,80											
Всього								1465					825

Умовні позначення в таблиці:

Q – основний об'єм насипу або виїмки;

ΔQ – об'єм каналів;

$\Delta Q'$ – призматойдальна поправка;

Q_n' та Q_v' – сумарні об'єми насипу та виїмки.

В об'єм насипу ця поправка вводиться зі знаком «мінус», виїмки – зі знаком «плюс», тобто

$$Q_H = Q_n' - \Delta V_{кор}; \quad (5.5)$$

$$Q_B = Q_v' + \Delta V_{кор}. \quad (5.6)$$

Зміст звіту включає частково теоретичну частину пов'язану із обґрунтуванням результатів розрахунків у вигляді висновків.