

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра управління земельними ресурсами та земельного кадастру

ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ

Методичні вказівки для виконання практичних робіт та
самостійного опрацювання завдань здобувачами першого
бакалаврського рівня вищої освіти спеціальності
193 «Геодезія та землеустрій»

УДК 625.72(07)

У методичних рекомендаціях наведено вказівки щодо виконання практичних робіт та завдань для самостійного опрацювання з метою набуття практичних навиків згідно із типовою програмою дисципліни «Проектування доріг» для здобувачів вищої освіти агробіотехнологічного факультету за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій», бакалаврський рівень вищої освіти.

Розглянуто і схвалено методичною комісією за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» Білоцерківського НАУ (протокол № 4 від 09.06.2022 р.).

Укладачі: к.пед.н. Кочеригін Л.Ю., к.е.н. Камінецька О.В., к.е.н. Комарова Н.В.

Рецензенти:

Бавровська Н.М – кандидат економічних наук, доцент кафедри земельного кадастру НУБіП України;

Гладілін В.М. – кандидат технічних наук, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою БНАУ.

Проектування доріг. Методичні вказівки для виконання практичних робіт та самостійного опрацювання завдань здобувачами першого бакалаврського рівня вищої освіти спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» агробіотехнологічного факультету. Кочеригін Л.Ю., Камінецька О.В., Комарова Н.В. Біла Церква, 2022 р. – 80 с. іл.

ВСТУП

Метою даних методичних вказівок є допомога здобувачам у виконанні поставлених завдань з дисципліни «Проектування доріг» з метою закріплення теоретичних знань, набуття практичних умінь та самостійної роботи здобувача вищої освіти при проектуванні доріг місцевого значення.

Проектування доріг має здійснюватися із застосуванням набутих знань і навичок з таких дисциплін: «Геодезія», «Топографія», «Геодезичні роботи при землеустрої», «Меліорація» тощо. Отримані знання і навички можуть бути використані для вивчення таких дисциплін як «Землепорядне проектування» та «Інженерна інфраструктура територій».

Завдання дисципліни – дати здобувачам вищої освіти знання, яке дозволить їм знаходити оптимальні варіанти вирішення завдань, пов'язаних із плануванням та проектуванням дорожньої мережі місцевого значення з урахуванням вимог ефективної організації території сільськогосподарських підприємств, раціональним виконанням виробничих процесів, виконувати економічне обґрунтування розміщення дорожньої мережі, враховувати вантажонапруженість руху та складати технічні проекти місцевих автомобільних доріг нижчих (IV-V) категорій.

У цих методичних вказівках наводиться послідовність та порядок виконання розрахунково-графічних робіт, надаються розрахункові формули та допоміжні таблиці з основними розрахунковими параметрами, рисунки, схеми та інша довідкова інформація, яка може бути використана при виконанні поставлених завдань, а також рекомендації щодо оформлення графічної та пояснювальної частин.

Для виконання проектної частини робіт видається топографічна основа в масштабі 1:5000, за якою здобувачі мають визначити категорію дороги, інтенсивність руху транспорту (у фізичних одиницях), спроектувати трасу в плані та обґрунтувати доцільність обраного варіанту. За обраним варіантом вони мають визначити положення перехресть і поворотів траси, місця для спорудження малих водопропускних споруд, побудувати поздовжній і поперечні профілі за топографічними елементам, а також визначити та розрахувати загальний об'єм земляних робіт у відповідності з встановленими нормами та діючими стандартами.

Іншу необхідну інформацію здобувачі мають отримати за діючими нормативно-правовими документами, правилами та стандартами, перелік яких наведено у списку використаної та рекомендованої літератури.

Практична робота 1

Тема: 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). Кожен 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).

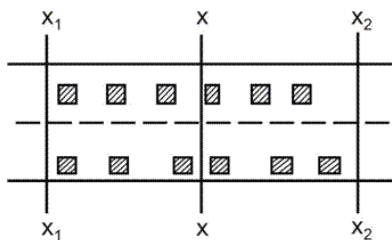


Рисунок 1.2 – Схема руху транспортних засобів на ділянці x_1-x_2

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 довгими, 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° .

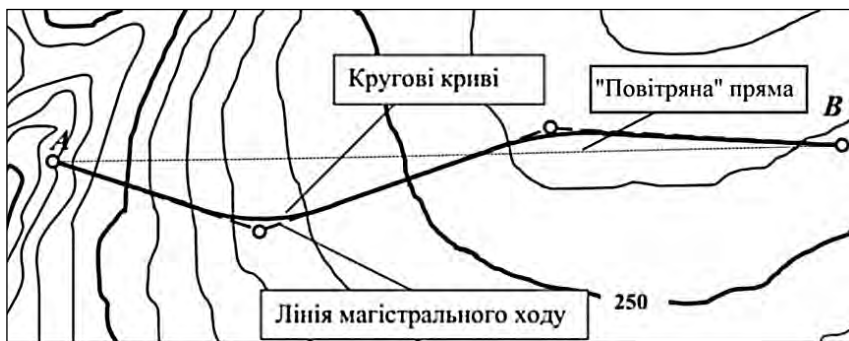


Рисунок 1.3 – Прокладання лінії траси автомобільної дороги

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

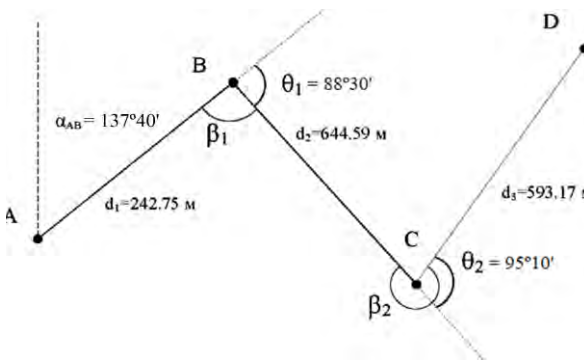


Рисунок 1.4 – Схема траси лінійної споруди (дороги)

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 найкращий 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.

Питання для самоперевірки:

1. Що таке автомобільна дорога?
2. Класифікуйте дороги за адміністративною ознакою.
3. Класифікуйте дороги за технічною ознакою.
4. Що розуміють під інтенсивністю руху?
5. Перерахуйте чинники, які впливають на інтенсивність руху.
6. Що означає словосполучення трасування лінії?
7. Що таке повітряна пряма?
8. Що таке лінія магістрального ходу траси?
9. Для чого визначають мінімальний радіус повороту траси?
10. Які основні умови необхідно врахувати при виборі варіанту траси?

Рекомендовано прочитати:

1. Білятинський О.А., Заворицький В.Й., Старовойда В.П., Хом'як Я.В. *Проектування автомобільних доріг. : Підручник. У 2 ч. ч.1.* – Київ: Вища школа, 1997. – 518 с.: іл. Ч.2. – Київ: Вища школа, 1998. – 416с.: іл.
2. Бондарева Э., Клековкина М. *Изыскания и проектирование автомобильных дорог. / Учебное пособие.* – Изд-во: Юрайт. – 2017. – 212 с.
3. ДБН В.2.3-4:2015. *Автомобільні дороги.* Київ. – 2015. – 113 с.
4. ДБН В.2.3-5:2018. *Вулиці та дороги населених пунктів.* Київ. – 2018. – 61 с.
5. Красильщиков И., Елизаров Л. *Проектирование автомобильных дорог. / Учебное пособие.* – Транспортная компания, 2016. – 216 с.
6. Лютий Я.І. *Проектування доріг місцевого значення: Навчальний посібник / Я.І. Лютий, І.Г. Тарасюк, М.А. Мицай, П.Г. Казьмір.* – Львів: ЛДСГІ, 1995. – 86 с.
7. Мовчан М.І., Собко Ю.М. *Проектування автомобільних доріг.* – Вид. Львівської політехніки, 2012. – 116 с.
8. Першай Л.К. *Проектирование автомобильных дорог местного значения: Учебное пособие / Л.К. Першай, А.Б. Гопцій.* – Харьков: ХАГУ, 1999. – 106 с.

9. Піндус Б. І. *Проектування автомобільних доріг: навч. посібник* / Б. І. Піндус, В. В. Гончаренко. – Горлівка: АДІ ДВНЗ ДонНТУ, 2013. – 244 с.
10. *Про автомобільні дороги: Закон України від 08.09. 2005 р. № 2862-IV.*

Практична робота 2

Тема: 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).

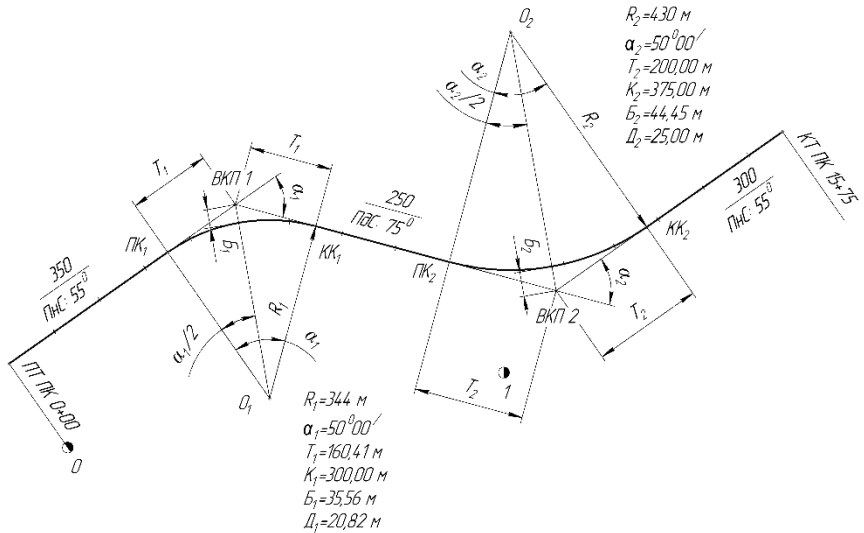


Рисунок 2.1 – Розгорнутий план траси автомобільної дороги

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):

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

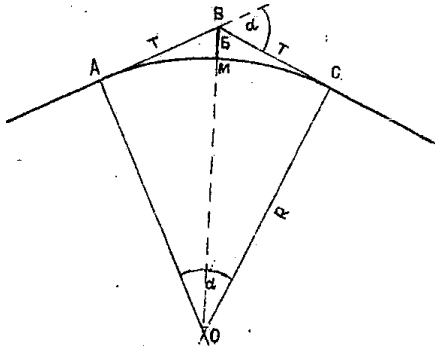


Рисунок 2.2 – Елементи колової кривої

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

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

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

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;

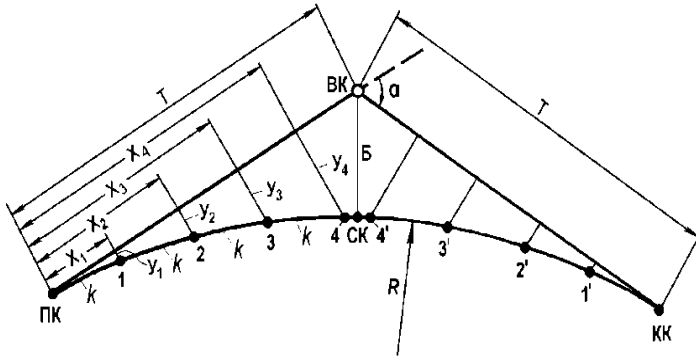


Рисунок 2.3 – Детальна розбивка колової кривої за методом прямокутних координат

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;

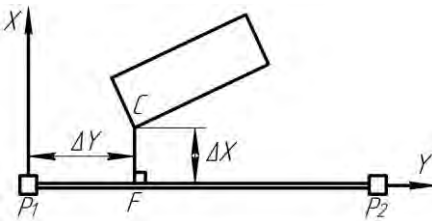


Рисунок 2.4 – Спосіб прямокутних координат

$m_{\Delta X}$, $m_{\Delta Y}$ – 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).

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**.

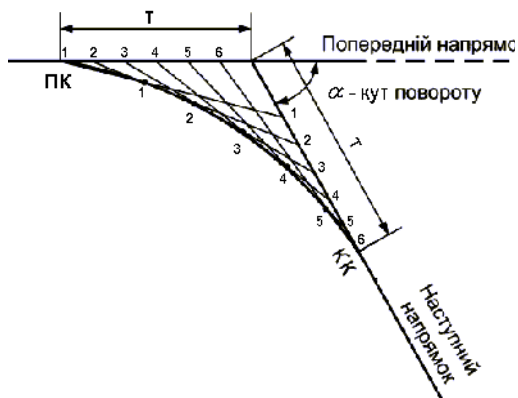


Рисунок 2.5 – Розбивка кривої спрощеним (саперним) методом

Одноименні 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 проєктують так, щоб шлях був найкоротшим, а затрати на будівництво – мінімальними з одночасним дотриманням вимог технічних норм на проєктування, 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 закруглені результати запишіть до гр. 2 і 3 табл. 2.3, та до гр. 2-3 і 12 табл. В.1 відповідно.

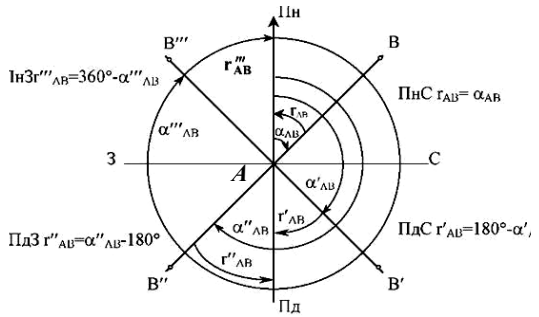


Рисунок 2.6 – Залежність між дирекційним кутом

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:

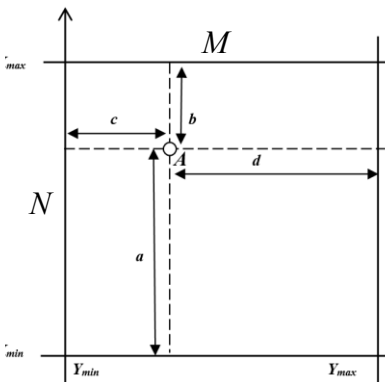


Рисунок 2.7 – Вимірювання координат точки A графічним способом з урахуванням деформацій паперу

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

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

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

a, b – віддаль 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 – віддаль 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 (с)	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-

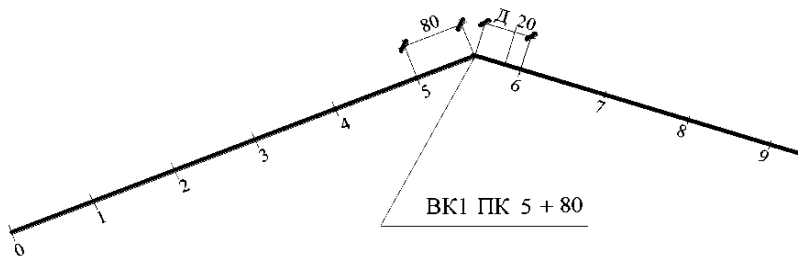


Рисунок 2.8 – Схема до розбивки пікетажу

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								

Примітка. зафарбовані поля не заповнюються.

В таблиці 2.4 обраховуйте координати в напрямку від початку кривої **ПК** до вершини кута **БК** і навпаки, від кінці кривої **КК** і до вершини кута **БК** (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 ($\Sigma L_{\text{лів}}$) мінус сума правих кутів повороту ($\Sigma L_{\text{прав}}$) повинна дорівнювати різниці між початковим і кінцевим дирекційними кутами ($A_{\text{поч}} - A_{\text{кін}}$).

9. Побудова розгорнутого та умовного планів траси.

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

Умовний план траси – це відображення горизонтальної проєкції 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*).

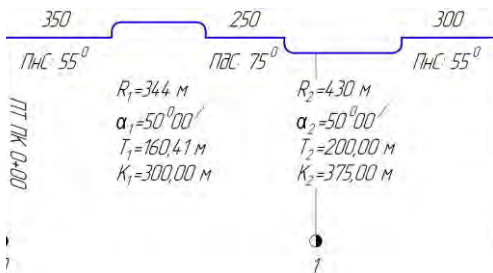


Рисунок 2.9 – Умовний план траси.

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

$\frac{ПнС : 85^{\circ}00'}{750,0}$, 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.

Питання для самоперевірки:

1. Які чинники впливають на вибір напрямку траси між заданими пунктами?
2. Що розуміють під коефіцієнтом подовження траси.
3. Вибір місць перетину водостоків, понижень та ярів.
4. Характеристика вододільного, долинного та косогірного ходів траси.
5. Значення радіуса кривої для руху транспорту.
6. Поняття про віраж. Серпантини.
7. Як забезпечується видимість на кривих?
8. Від чого залежить крок кривої і яке його призначення?
9. Назвіть способи детального розмічування колових кривих і від чого залежить цей спосіб?
10. Що означає формулювання «трасування дороги в плані».

Рекомендовано прочитати:

1. Білятинський О.А., Заворицький В.Й., Старовойда В.П., Хом'як Я.В. *Проектування автомобільних доріг*. : Підручник. У 2 ч. ч.1. – Київ: Вища школа, 1997. – 518 с.: іл. Ч.2. – Київ: Вища школа, 1998. – 416с.: іл.
2. Бондарева Э., Клековкина М. *Изыскания и проектирование автомобильных дорог*. / Учебное пособие. – Изд-во: Юрайт. – 2017. – 212 с.
3. Вилка С.Г. *Інженерна геодезія: навч. посіб.* – Київ: Аграрна освіта, 2014. – 371 с.
4. Глушенкова І. С., Запара Л. Г. *Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Геодезія» для навчання напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»* / І. С. Глушенкова, Л. Г. Запара. – Х.: ХНАМГ, 2010, – 30 с.
5. ДБН В.2.3-4:2015. *Споруди транспорту. Автомобільні дороги.*
6. Красильщиков И., Елизаров Л. *Проектирование автомобильных дорог*. / Учебное пособие. – Транспортная компания, 2016. – 216 с.
7. Лютий Я.І. *Проектування доріг місцевого значення: Навчальний посібник* / Я.І. Лютий, І.Г. Тарасюк, М.А. Мицай, П.Г. Казьмір. – Львів: ЛДСГІ, 1995. – 86 с.
8. Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. *Геодезия*. – Москва: КолоС. 2008. 598 с. ил.
9. Мовчан М.І., Собко Ю.М. *Проектування автомобільних доріг*. – Вид. Львівської політехніки, 2012. – 116 с.

10. *Першай Л.К. Проектирование автомобильных дорог местного значения: Учебное пособие / Л.К. Першай, А.Б. Гоций. – Харьков: ХАГУ, 1999. – 106 с.*
11. *Піндус Б. І. Проектування автомобільних доріг: навч. посібник / Б. І. Піндус, В. В. Гончаренко. – Горлівка: АДІ ДВНЗ ДонНТУ, 2013. – 244 с.*

Практична робота № 3

Тема: 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 допустимому 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.

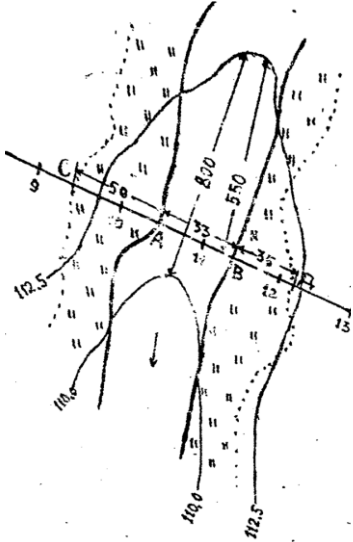


Рисунок 3.1 – Траса на перетині з улоговиною

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. І.2 та І.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

¹ Студент розраховує максимальну витрату тільки від зливи.

² Краткий справочник по малым мостам и трубам Под. ред. Е.В.Болдакова. – М., 1963.

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:

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

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

При значенні $Q_{зл} < 0,4$ м³/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.

³ Визначають після проектування поздовжнього профілю

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);

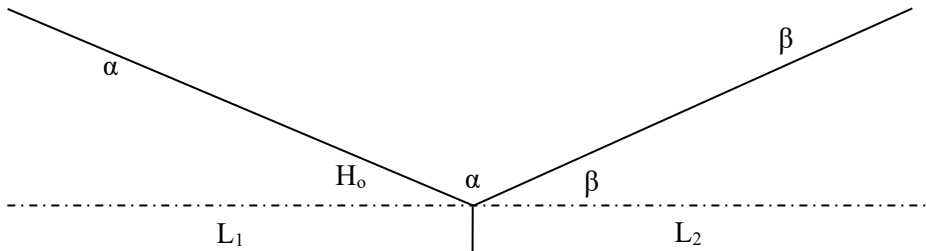


Рисунок 3.2 – Поперечний переріз водотоку

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.

Питання для самоперевірки:

1. Назвіть види ходів при розміщенні дороги в плані.
2. Перерахуйте джерела вологи, які призводять до перезволоження земляного полотна.
3. За рахунок яких інженерних комунікацій відводяться поверхневі води?
4. Перерахуйте способи відведення ґрунтових вод.
5. Які ви знаєте водопропускні споруди в умовах Західного регіону України?
6. Які чинники впливають на витрату води у водозбірному басейні?
7. Від чого, в основному, залежать отвір моста та отвір труби?

Список рекомендованих джерел:

1. Білятинський О.А., Заворицький В.Й., Старовойда В.П., Хом'як Я.В. Проектування автомобільних доріг. : Підручник. У 2 ч. ч.1. – Київ: Вища школа, 1997. – 518 с.: іл. Ч.2. – Київ: Вища школа, 1998. – 416с.: іл.
2. Бондарева Э., Клековкина М. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. / Учебное пособие. – Изд-во: Юрайт. – 2017. – 212 с.
3. Вилка С.Г. Інженерна геодезія: навч. посіб. – Київ: Аграрна освіта, 2014. – 371 с.
4. Глушенкова І. С., Запара Л. Г. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Геодезія» для навчання напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій») / І. С. Глушенкова, Л. Г. Запара. – Х.: ХНАМГ, 2010, – 30 с.
5. ДБН А.2.1-1:2014. Інженерні вишукування для будівництва. – Київ, 2014. – 126 с.
6. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Київ. – 2015. – 113 с.
7. ДБН В.2.3-6:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження та випробування.
8. ДБН В.2.3-14:2006. Мости та труби. Правила проектування. – Київ, 2006. – 217 с.
9. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – Київ, 2009. – 73 с.
10. ДСТУ Н Б В.2.3-34:2016 Настанова з виконання робіт при будівництві мостів та труб. К. : Мінрегіон України, 2016. – 92 с.
11. ДСТУ Н Б В.2.3-41:2016 Настанова з проектування дренажних конструкцій мілкового закладання на автомобільних дорогах. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2017, 24 с.
12. Красильщиков И., Елизаров Л. Проектирование автомобильных дорог. / Учебное пособие. – Транспортная компания, 2016. – 216 с.

13. Лютий Я.І. Проектування доріг місцевого значення: Навчальний посібник / Я.І. Лютий, І.Г. Тарасюк, М.А. Мицай, П.Г. Казьмір. – Львів: ЛДСГІ, 1995. – 86 с.

14. Мовчан М.І., Собко Ю.М. Проектування автомобільних доріг. – Вид. Львівської політехніки, 2012. – 116 с.

15. Першай Л.К. Проектирование автомобильных дорог местного значения: Учебное пособие / Л.К. Першай, А.Б. Гопций. – Харьков: ХАГУ, 1999. – 106 с.

16. Піндус Б. І. Проектування автомобільних доріг: навч. посібник / Б. І. Піндус, В. В. Гончаренко. – Горлівка: АДІ ДВНЗ ДонНТУ, 2013. – 244 с.

Практична робота 4

Тема: 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 кресленника до рамки – 10 мм з обох боків ($10 + 10 = 20 = 2$ см). Для масштабу кресленника 1:2000 (в одному сантиметрі 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.

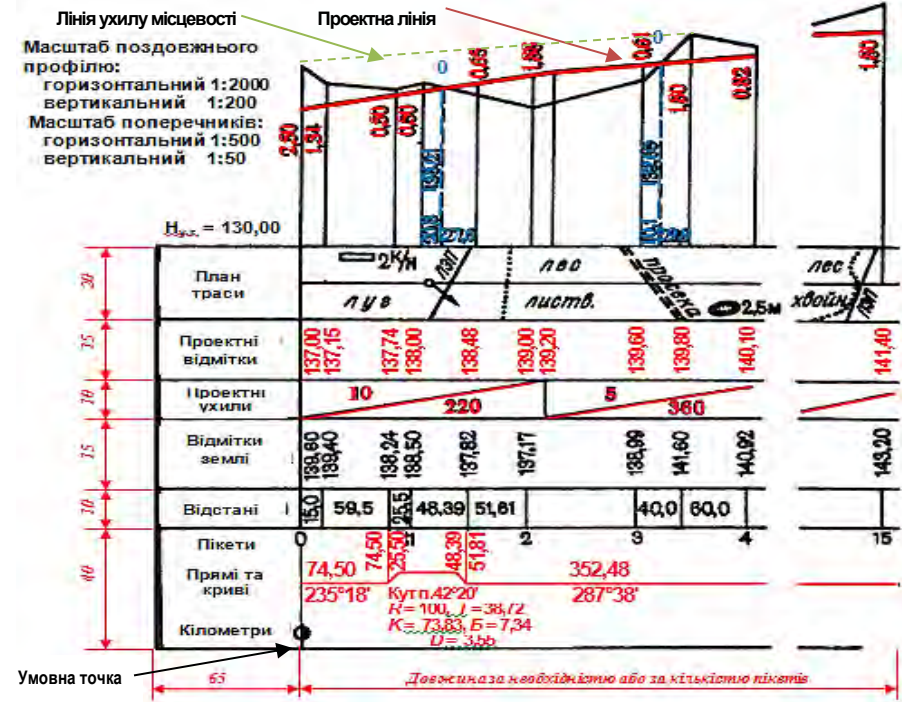


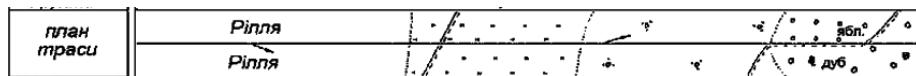
Рисунок 4.1 – Порядок проектування поздовжнього профілю з боковиком

Продовжить лінії строк боковика упродовж усього профілю.

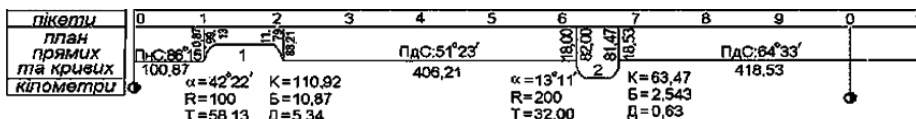
У строчці «Відстані» виконайте розбивку через 100 м (з урахуванням масштабу), а у строчці «Пікети» підпишіть номера пікетів починаючи з «0» (початок траси, див. рис. 4.1). Потім у строчці «Відстані» між відповідними пікетами виконайте розбивку плюсових точок із цифровим зазначенням відстаней між ними (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 і 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>	<i>...</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.

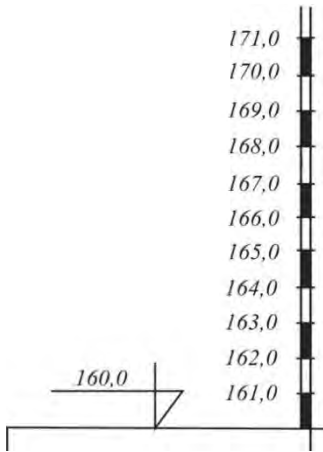


Рисунок 4.2 – Побудова вертикальної шкали для нанесення профілю.

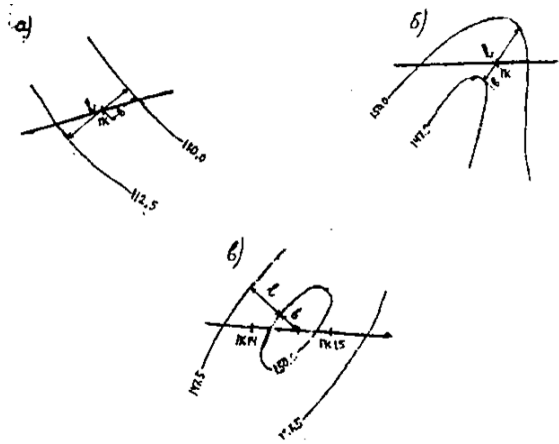


Рисунок 4.3 – Приклади визначення відміток точок методом інтерполяції

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.

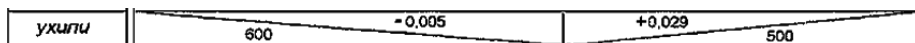
Таблиця 4.2 – **Рекомендоване найменше піднесення брівки земляного полотна над поверхнею землі, м**

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 спроєктуйте 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;

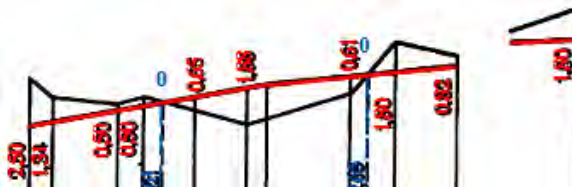
i – ухил проектної лінії на даному відрізку;

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):

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

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

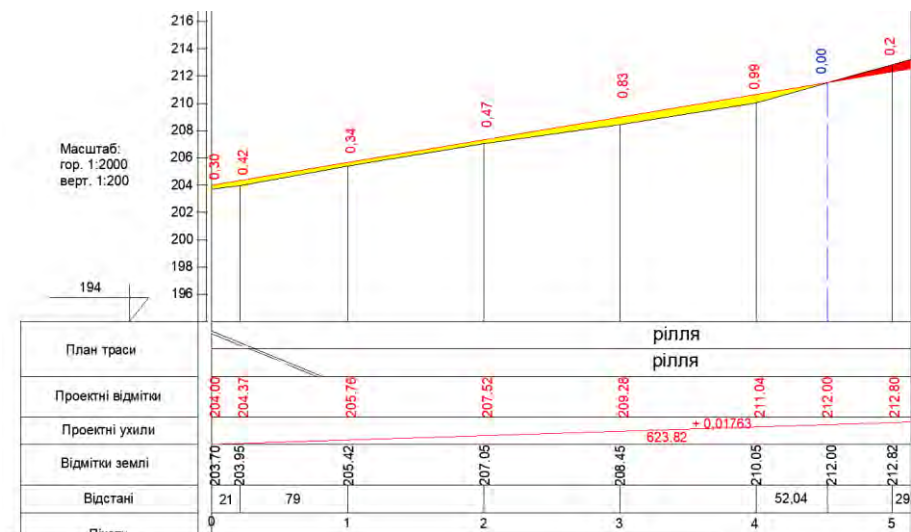


Рисунок 4.4 – Фрагмент проектування поздовжнього профілю

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).

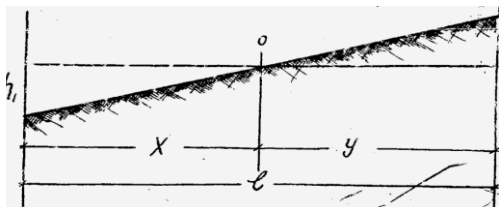


Рисунок 4.5 – Визначення точок нульових робіт

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 ліво). 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.

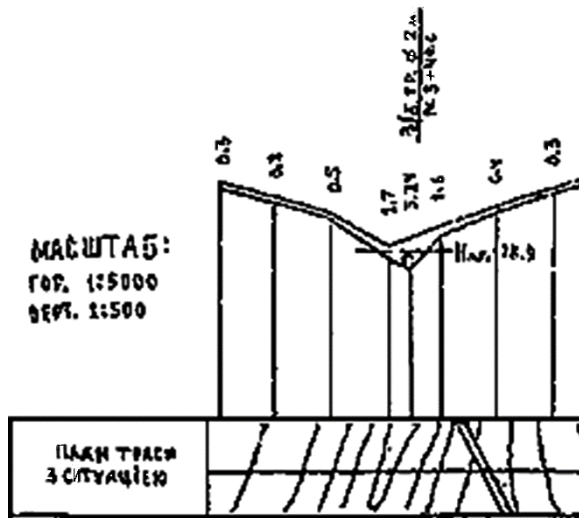


Рисунок 4.6 – Зразок оформлення труби з робочими відмітками на профілі траси

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).

Питання для самоперевірки:

1. Назвіть елементи дороги в поперечному профілі.
2. Зазначте типові поперечні профілі земляного полотна.
3. Що таке рекомендована робоча відмітка?
4. Назвіть методи нанесення проектної лінії.
5. Що таке вертикальні криві?

Список рекомендованих джерел:

1. Білятинський О.А., Заворицький В.Й., Старовойда В.П., Хом'як Я.В. *Проектування автомобільних доріг. : Підручник. У 2 ч. ч.1.* – Київ: Вища школа, 1997. – 518 с.: іл. Ч.2. – Київ: Вища школа, 1998. – 416с.: іл.
2. Бондарева Э., Клековкина М. *Изыскания и проектирование автомобильных дорог. / Учебное пособие.* – Изд-во: Юрайт. – 2017. – 212 с.
3. Вилка С.Г. *Инженерна геодезія: навч. посіб.* – Київ: Аграрна освіта, 2014. – 371 с.
4. ДБН В.2.3-4:2015. *Споруди транспорту. Автомобільні дороги.*
5. ДБН В.2.3-16:2007. *Норми відведення земельних ділянок для будівництва (реконструкції) автомобільних доріг.*
6. Красильщиков И., Елизаров Л. *Проектирование автомобильных дорог. / Учебное пособие.* – Транспортная компания, 2016. – 216 с.
7. Кузмін В.І. *Инженерна геодезія в дорожньому будівництві: підручник / В.І. Кузмін В.І., О.А. Білятинський.* – Київ: Вища школа, 2006. – 280 с.
8. Лютий Я.І. *Проектування доріг місцевого значення: Навчальний посібник / Я.І. Лютий, І.Г. Тарасюк, М.А. Мицай, П.Г. Казьмір.* – Львів: ЛДСГІ, 1995. – 86 с.
9. Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. *Геодезия.* – Москва: КолоС. 2008. 598 с. ил.
10. Мовчан М.І., Собко Ю.М. *Проектування автомобільних доріг.* – Вид. Львівської політехніки, 2012. – 116 с.
11. Першай Л.К. *Проектирование автомобильных дорог местного значения: Учебное пособие / Л.К. Першай, А.Б. Гопцій.* – Харьков: ХАГУ, 1999. – 106 с.
12. Піндус Б. І. *Проектування автомобільних доріг: навч. посібник / Б. І. Піндус, В. В. Гончаренко.* – Горлівка: АДІ ДВНЗ ДонНТУ, 2013. – 244 с.
13. Шведовский, П. В. *Изыскания и проектирование автомобильных дорог / П. В. Шведовский, В. В. Лукаша, Н. В. Чумичева. Ч.1. «План, земляное полотно».* – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М. – 2016. – 444 с.: ил.

Практична робота 5

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, виїмки 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):

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

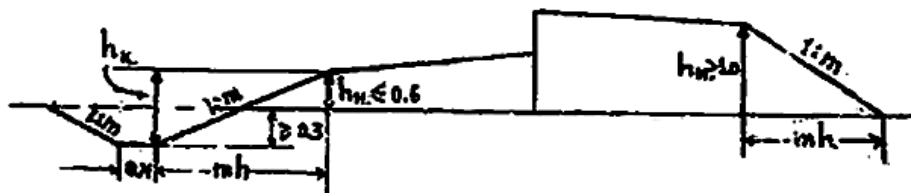


Рисунок 5.1 – Укоси земляного полотна

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.

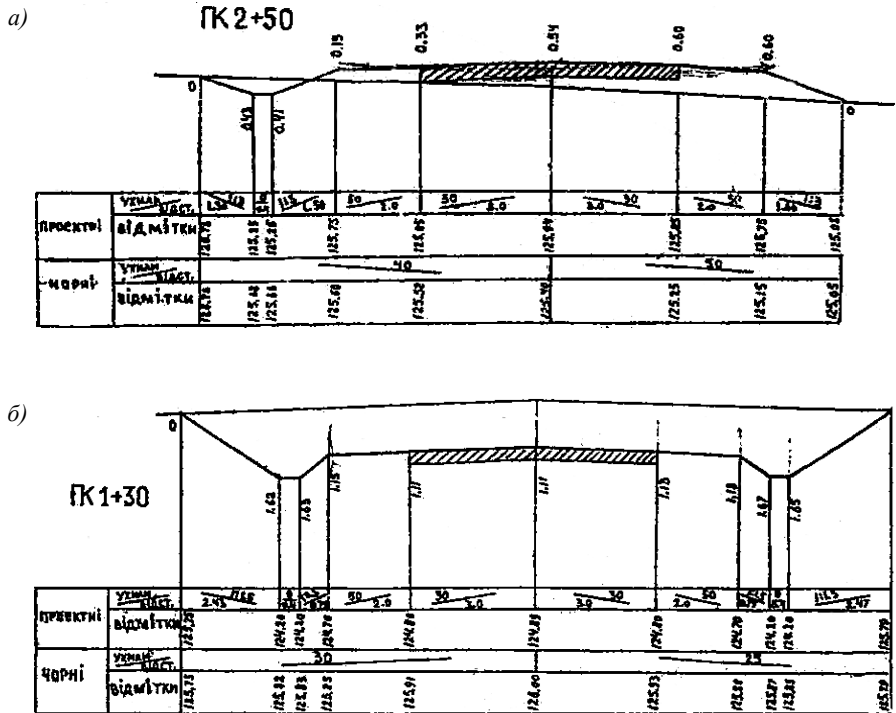
Глибина кюветів вимірюється від брівки до дна і призначається: для трапецієподібних кюветів від $0,5$ до $1,0$ м, для трикутних $0,5-0,6$ м. причому глибина канави від поверхні землі до дна повинна бути не менше ніж $0,3$ м.

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).

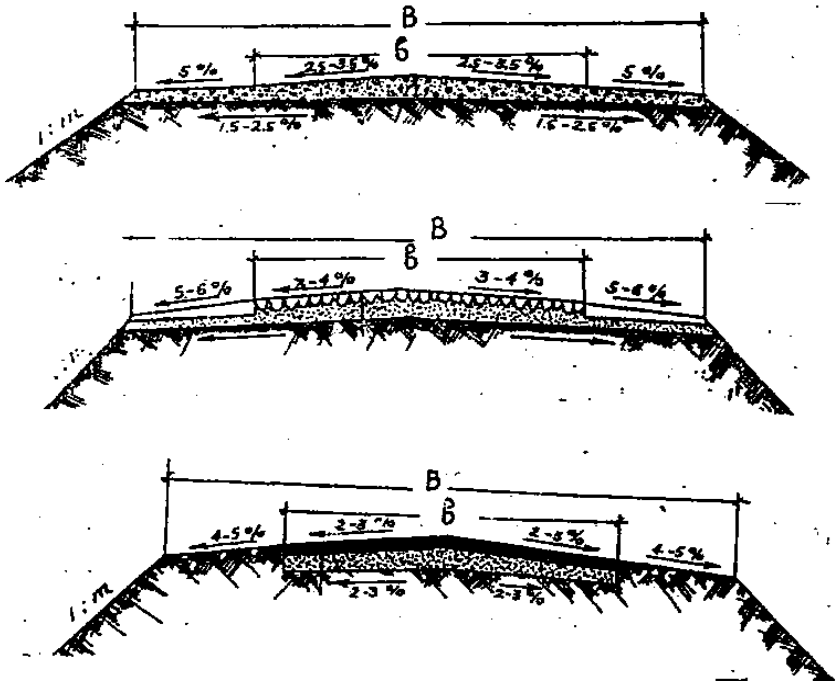


Рисунок 5.3 – Поперечні профілі дороги з різним типом покриття

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.

Питання для самоперевірки:

1. Що таке поперечний профіль дороги?
2. Що таке проїзна частина?
3. Що таке узбіччя?
4. Що таке край проїзної частини?
5. Як визначають крутизну відкосів?
6. Назвіть основні форми земляного полотна.
7. Що вважають висотою насипу або глибиною виїмки?
8. В яких випадках виникає необхідність розроблення поперечних профілів?

Список рекомендованих джерел:

1. Білятинський О.А., Заворницький В.Й., Старовойда В.П., Хом'як Я.В. *Проектування автомобільних доріг. : Підручник. У 2 ч. ч.1.* – Київ: Вища школа, 1997. – 518 с.: іл. Ч.2. – Київ: Вища школа, 1998. – 416с.: іл.
2. Бондарева Э., Клековкина М. *Изыскания и проектирование автомобильных дорог. / Учебное пособие. – Изд-во: Юрайт. – 2017. – 212 с.*
3. ДБН В.2.3-4:2015. *Споруди транспорту. Автомобільні дороги.*
4. ДСТУ Б А.2.4-29:2008. *Автомобільні дороги. Земляне полотно і дорожній одяг. Робочі креслення.*
5. Красильщиков И., Елизаров Л. *Проектирование автомобильных дорог. / Учебное пособие. – Транспортная компания, 2016. – 216 с.*
6. Кузмін В.І. *Інженерна геодезія в дорожньому будівництві: підручник / В.І. Кузмін В.І., О.А. Білятинський. – Київ: Вища школа, 2006. – 280 с.*
7. Лютий Я.І. *Проектування доріг місцевого значення: Навчальний посібник / Я.І. Лютий, І.Г. Тарасюк, М.А. Мицай, П.Г. Казьмір. – Львів: ЛДСГІ, 1995. – 86 с.*
8. Мовчан М.І., Собко Ю.М. *Проектування автомобільних доріг. – Вид. Львівської політехніки, 2012. – 116 с.*
9. Першай Л.К. *Проектирование автомобильных дорог местного значения: Учебное пособие / Л.К. Першай, А.Б. Гопций. – Харьков: ХАГУ, 1999. – 106 с.*
10. Піндус Б. І. *Проектування автомобільних доріг: навч. посібник / Б. І. Піндус, В. В. Гончаренко. – Горлівка: АДІ ДВНЗ ДонНТУ, 2013. – 244 с.*
11. Шведовский, П. В. *Изыскания и проектирование автомобильных дорог / П. В. Шведовский, В. В. Лукаша, Н. В. Чумичева. Ч.1. «План, земляное полотно». – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М. – 2016. – 444 с.: ил.*

Практична робота 6

Тема: 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 .

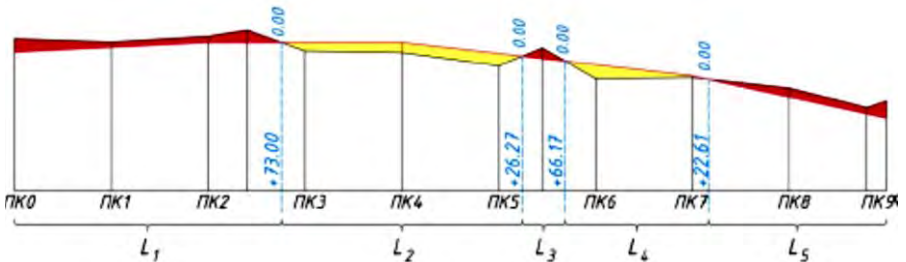


Рисунок 6.1 – Принцип поділу земляного тіла

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.

Питання для самоперевірки:

1. Елементи дороги в поперечному профілі.
2. Типові поперечні профілі земляного полотна.
3. Що таке рекомендована робоча відмітка?
4. Методи нанесення проектної лінії.
5. Вертикальні криві.

6. Що таке профільна і робоча кубатура?

Список рекомендованих джерел:

1. Білятинський О.А., Заворицький В.Й., Старовойда В.П., Хом'як Я.В. *Проектування автомобільних доріг. : Підручник. У 2 ч. ч.1.* – Київ: Вища школа, 1997. – 518 с.: іл. Ч.2. – Київ: Вища школа, 1998. – 416с.: іл.
2. Бондарева Э., Клековкина М. *Изыскания и проектирование автомобильных дорог. / Учебное пособие.* – Изд-во: Юрайт. – 2017. – 212 с.
3. ДБН В.2.3-4:2015. *Споруди транспорту. Автомобільні дороги.*
4. Красильщиков И., Елизаров Л. *Проектирование автомобильных дорог. / Учебное пособие.* – Транспортная компания, 2016. – 216 с.
5. Кузмін В.І. *Інженерна геодезія в дорожньому будівництві: підручник / В.І. Кузмін В.І., О.А. Білятинський.* – Київ: Вища школа, 2006. – 280 с.
6. Лютий Я.І. *Проектування доріг місцевого значення: Навчальний посібник / Я.І. Лютий, І.Г. Тарасюк, М.А. Мицай, П.Г. Казьмір.* – Львів: ЛДСГІ, 1995. – 86 с.
7. Мовчан М.І., Собко Ю.М. *Проектування автомобільних доріг.* – Вид. Львівської політехніки, 2012. – 116 с.
8. Першай Л.К. *Проектирование автомобильных дорог местного значения: Учебное пособие / Л.К. Першай, А.Б. Готцій.* – Харьков: ХАГУ, 1999. – 106 с.
9. Піндус Б. І. *Проектування автомобільних доріг: навч. посібник / Б. І. Піндус, В. В. Гончаренко.* – Горлівка: АДІ ДВНЗ ДонНТУ, 2013. – 244 с.
10. *Про автомобільні дороги: Закон України від 08.09. 2005 р. № 2862-IV.*
11. Шведовский, П. В. *Изыскания и проектирование автомобильных дорог / П. В. Шведовский, В. В. Лукаша, Н. В. Чумичева.* Ч.1. «План, земляное полотно». – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М. – 2016. – 444 с.: ил.
12. Митин Н.А. *Таблицы для подсчета объемов земляного полотна автомобильных дорог.* – М.: Транспорт, 1977.

ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Визначити інтенсивність руху автотранспорту на 2015 рік та її допустимість для II категорії дороги на 275 робочих днів, якщо коефіцієнт використання вантажопідйомності автотранспорту 0,9, коефіцієнт використання пробігу у період масових сезонних перевезень дорівнює 0,6, вантажопідйомність автомобілів різних типів 5, 10, 15 т. Частку автомобілів різних типів розрахувати за умови, що вона дорівнює 1,8. Вантажонапруженість перегону прийняти рівною 14278 т.

2. Румб прямого напрямку траси дороги рівний ПДЗ: $37^{\circ}55'$. Визначити румб наступного напрямку траси після повороту її наліво на $35^{\circ}55'$.

3. Вершина кута повороту (ВК) кривої траси дороги на ПК15+02,75, кут повороту $28^{\circ}20'$, розрахункова швидкість автотранспорту при звичайних умовах 70 км/год, поперечний ухил проїзної частини 0,001. Визначити пікетажне найменування вершини кута повороту наступної кривої, якщо відомо, що пряма вставка між кривими дорівнює 530,65 м, радіус другої кривої – $R_2 = 700$ м, кут повороту – $22^{\circ}48'$.

4. Азимут прямої ділянки дороги до її повороту рівний $254^{\circ}45'$. Кут повороту дороги наліво рівний $18^{\circ}15'$. Визначити румб ділянки дороги після повороту. Навести схему.

5. Визначити ухил проектної (червоної) лінії на профілі між ПК12 та ПК15+40, якщо відмітки кінців її в цих точках, що взяті за масштабом, виявились рівними: $H_{ПК1} = 28,50$ м та $H_{ПК15+40} = 32,00$ м. Навести схему.

6. Вершина кута повороту кривої розміщена на ПК0+23,80, радіус кривої $R_1 = 600$ м, кут повороту $34^{\circ}14'$. Визначити пікетажне найменування вершини кута повороту наступної кривої, якщо відомо, що пряма вставка між кривими дорівнює 825,35 м, кут повороту $14^{\circ}37'$, розрахункова швидкість автотранспорту при несприятливих умовах 40 км/год., поперечний ухил проїзної частини 0,0144.

7. Визначити елементи колової кривої для дороги категорії V у звичайних умовах, якщо поперечний ухил проїзної частини дороги дорівнює 14 %, кут повороту $45^{\circ}20'$.

8. Розрахувати пікетажне значення елементів кривої дороги категорії V, якщо ВКП розміщена на ПК3+74,50, кут повороту $28^{\circ}40'$.

9. Визначити критичну глибину потоку під мостом при глибині води в потоці 2,0 м, тип кріплення русла під мостом: а) щільні глини та суглинки; б) середньо щільні глини та суглинки.

10. Визначити критичну глибину потоку під мостом, якщо глибина води в потоці 0,40 м, тип укріплення: а) кругляк 20 см; б) двошарова бруківка.

11. Визначити модуль витрати води (K), якщо швидкість протікання води у водотоці 3,45 м/с, живий перетин водотоку 7,64 м². Відмітка дна улоговини на 150 м вище моста за течією водотоку $H_2 = 18,5$ м, відмітка дна улоговини на 50 м нижче мосту $H_1 = 14,8$ м.

12. Визначити побутову глибину (h_n) у водотоці в незарослих земляних руслах, якщо геометрична характеристика отвору водотоку в місці проектного мосту $i = 68$ м. Значення модуля витрати води обчислити з попередньої задачі (4).

13. Визначити побутову глибину (h_n) у водотоці в засмічених земляних руслах, якщо геометрична характеристика отвору водотоку в місці проектного мосту $i = 64$ м. Модуль витрати води $K = 57$ м³.

14. Визначити тип водозливу, якщо глибина води в потоці 1,0 м, тип кріплення русла під мостом – лесові фунти. Побутова глибина у водотоці $h_n = 0,48$ м.

15. Визначити тип водозливу, якщо глибина води в потоці 3,0 м, побутова глибина у водотоці $h_n = 3,92$, тип кріплення русла під мостом – бетон.

16. Обчислити глибину води перед мостом, якщо коефіцієнт швидкості дорівнює 0,9, тип укріплення русла під мостом – кругляк 15 см. Глибина води в потоці 1,0 м, побутова глибина у водотоці 0,65 м.

17. Визначити висоту малого мосту, якщо віддаль між горизонтом води і низом перекриття мосту $Z = 0,5$ м. Значення глибини перед мостом обчислити з попередньої задачі.

18. Визначити відмітку брівки земельного полотна при глибині при напівнапірному режимі роботи в трубі, якщо: мінімальне підняття брівки земельного полотна над трубою 0,5 м, діаметр труби 0,15 м, відмітка дна улоговини в місці закладки труби $H_{ул} = 14,56$ м, висота підйому води перед трубою 2,5 м.

19. Визначити об'єм стоку води для Білої Церкви та Київської області для каштанових ґрунтів, якщо: імовірність перевищень повені 5%, площа водозбору 3000 м², коефіцієнт переходу від інтенсивності зливи тривалістю 1 год. до розрахункової інтенсивності дорівнює 0,82.

20. Визначити максимальну витрату води від зливогого стоку для малих мостів і труб для Білої Церкви та Київської області, якщо тип ґрунтів – підзолисті, імовірність перевищень повені 10%, площа водозбору 150000 м², коефіцієнт переходу від інтенсивності зливи тривалістю 1 год. до розрахункової інтенсивності дорівнює 0,49.

21. Скласти конструкцію дорожнього одягу дороги категорії V з перехідним типом покриття, якщо є такі будівельні матеріали: ущільнений ґрунт, ґрунт з домішками щебню, ґрунт оброблений неорганічними сполукам, пісок, гравій, шлак. Подати схеми варіантів конструкції.

22. Скласти конструкцію дорожнього одягу дороги категорії V з удосконаленим покриттям, якщо є такі будівельні матеріали: дрібнозернистий асфальтобетон, сортовий щебінь, гравій оброблений бітумом, ґрунт ретельно ущільнений, підібрана щебенева суміш, шлак, маломіцні кам'яні матеріали. Подати схему.

23. Скласти конструкцію дорожнього одягу дороги категорії V з удосконаленим покриттям, якщо є такі будівельні матеріали: грубозернистий асфальтобетон, щебінь з розколінкою, гравійна суміш з додаванням подрібненого щебню, піноплат, пісок, гравій, шлак, дрібнозернистий асфальтобетон. Подати схеми.

24. Скласти конструкцію капітального дорожнього одягу дороги категорії V з удосконаленим покриттям, якщо дані такі будівельні матеріали: гравій оброблений рідкими органічними в'язучими сполуками, середньозернистий асфальтобетон, грубозернистий асфальтобетон, ґрунт і матеріали оброблені активним попелом-виносом, пісок, шлак, ґрунт ретельно ущільнений. Подати схеми.

25. Визначити об'єм родючого шару ґрунту, який зрізується при прокладанні основи дороги, якщо ділянка дороги розбита на 5 робочих ділянок, довжина кожної робочої ділянки не більше 150 м та її ширина не перевищує 25 м, товщина родючого шару 0,3 м.

26. Визначити об'єм мінерального шару ґрунту, який зрізується при прокладанні основи дороги, якщо ділянка дороги розбита на 5 робочих ділянок, довжина кожної робочої ділянки не більше 350 м, а площа насипу або виїмки на кожній ділянці не перевищує 9,5 м². Влаштувати тіла дороги категорії V, якщо висота насипу їм, довжина робочої ділянки не більша 200 м, кількість робочих ділянок 4, $D_1 = 14,8$ м, $D_2 = 14,4$ м, $D_3 = 15,1$ м, $D_4 = 13,9$.

27. Знайти площу насипу дороги категорії V, якщо довжина робочих ділянок не перевищує 50 м, їх кількість – 3, закладення сухого та мокрого укосів не перевищує 3,7 м.

28. Влаштувати корито дороги категорії V причіпними скреперами, ємністю 3 м³, якщо завдовжки дороги, яку проектуємо 675 м, шар щєбню завтовшки 0,25 м, відсіву щєбню – 0,05 м, кріплення узбіччя шириною 0,5 м

29. Визначити площу кріплення укосів посівом багаторічних трав та їх кількість, якщо довжина дороги категорії V дорівнює 980 м, площа насипу та виїмки відповідно 9650 та 9870 м².

30. Накреслити поперечний профіль дороги категорії I на міліметровому папері в масштабі 1:500 з одностороннім кювет-резервом, якщо довжина поперечника 50 м, відмітки $H_1 = 56,7$ м та $H_2 = 58,2$ м.

31. Проектна відмітка ПК5 дорівнює 58,40 м. Ухил лінії 0,0346. Обчислити проектні відмітки ПК6, ПК6+40, ПК7, ПК8.

32. Проектна відмітка ПК9 дорівнює 75,65 м. Обчислити робочі відмітки поперечників на цьому пікеті, якщо ПК9+25 праворуч має відмітку поверхні землі 65,50 м, а ПК9+25 ліворуч має відмітку поверхні – 58,50 м.

33. Відомі відмітки точок: $H_1 = 524,32$ м, $H_2 = 595,42$ м. Ухил лінії між точками рівний +22%. Визначити відстань між цими точками. Дати схему.

34. Проектна відмітка ПК 7 дорівнює 61,55 м. Якою повинна бути проектна відмітка ПК 13, якщо ухил проектної лінії на профілі від ПК 7 до ПК 13 заданий рівним +32%? Навести схему.

35. Проектна відмітка ПК 5 дорівнює 26,86 м. Ухил лінії від ПК 5 до ПК 7+82 рівний +17%. Обчислити проектні відмітки ПК 7 та плюсової точки ПК7+82.

36. Обчислити проектні відмітки ПК8 та ПК11, якщо проектна відмітка ПК3 дорівнює 54,89 м, а ухил проектної лінії, що поєднує ці точки, рівний –16 %.

37. Дані відмітки двох точок $H_1 = 34,32$ м та $H_2 = 69,12$ м. Ухил лінії між цими точками рівний +15%. Визначити відстань між цими точками. Навести схему.

38. Відмітки поверхні землі та проектна пікети 6 на профілі дороги відповідно рівні: $H_{п.з.} = 74,35$ м та $H_{проект.} = 63,87$ м. Визначити робочу відмітку на цьому пікеті. Пояснити, що означає ця робоча відмітка. Навести схему.

ВИКОРИСТАНІ ТА РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

Нормативні:

1. ВБН В.2.3-218-186-2004. Відомчі будівельні норми України. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. – Київ: Укравтодор, 2004. – 176 с.
2. Временные указания по разработке генеральных схем развития внутрихозяйственных дорог в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях Украинской ССР. ПП-03-83. Республиканский проектный институт по землеустройству «Укрземпроект». – К., 1983. – 50 с.
3. ГКНТА-2.04-02-98. Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. / Офіційний вісник України – 1998 р., № 29, стор. 173, стаття 1114.
4. ДБН 360-92**. Містобудування. Планування і забудова міських та сільських поселень. – Київ, 1992. – 120 с.
5. ДБН А.2.1-1:2014. Інженерні вишукування для будівництва. – Київ, 2014. – 126 с.
6. ДБН А.2.2-3-2004. Проектування. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва. – Київ: Мінбуд України, 2004. – 35 с.
7. ДБН В.2.3-14:2006. Мости та труби правила проектування. – Київ, 2006. – 217 с.
8. ДБН В.2.3-16-2007. Споруди транспорту. Норми відведення земельних ділянок для будівництва (реконструкції) автомобільних доріг: – Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с.
9. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – Київ, 2009. – 73 с.
10. ДБН В.2.3-4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – Київ, 2015. – 104 с.
11. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів. Київ. – 2018. – 61 с.
12. ДСТУ Б А.1.1-100:2013 Автомобільні дороги. Терміни та визначення понять. Київ: Мінрегіонбуд, 2014. – 42 с.
13. ДСТУ Б А.2.4-4-2009. Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації. Київ: Мінрегіонбуд, 2009. – 68 с.
14. ДСТУ Б В.2.3-33:2016 Автомобільні дороги. Визначення меж смуг відведення. Київ: Мінрегіонбуд, 2009. – 35 с.
15. ДСТУ Н Б В.2.3-32:2016 Настанова з улаштування земляного полотна автомобільних доріг. Мінрегіонбуд, 2016. – 99 с.
16. ДСТУ Н Б В.2.3-34:2016 Настанова з виконання робіт при будівництві мостів та труб. К. : Мінрегіон України, 2016. – 92 с.
17. ДСТУ Н Б В.2.3-41:2016 Настанова з проектування дренажних конструкцій мілкового закладання на автомобільних дорогах. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2017, 24 с.
18. Про автомобільні дороги: Закон України від 08.09.2005 р. № 2862-IV / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2005, № 51, ст. 556.
19. Про будівельні норми: Закон України від 05.10.2009 р. № 1704-VI / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2010, № 5, ст.41.

20. Про затвердження Єдиних правил ремонту і утримання автомобільних доріг, вулиць, залізничних переїздів, правил користування ними та охорони Постанова Кабміну України від 30.03.1994 р. № 198-94-п.

21. Про дорожній рух. Закон України від 30 червня 1993 року № 3353-ХІІ / Відомості Верховної Ради України від 03.08.1993 — 1993 р., № 31, стаття 338.

22. Про транспорт. Закон України від 10 листопада 1994 року № 232/94-ВР / Відомості Верховної Ради України від 20.12.1994 — 1994 р., № 51, стаття 446.

23. Про автомобільний транспорт. Закон України від 5 квітня 2001 року № 2344-ІІІ / Відомості Верховної Ради України від 01.06.2001 — 2001 р., № 22, стаття 105.

24. Про місцеві державні адміністрації: Закон України від 09.04.1999 р. № 586-ХІV / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1999, № 20-21, ст. 190.

25. Про стандартизацію: Закон України від 05.06.2014 р. № 1315-VII / Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 31, ст. 1058.

26. СНИП 2.05.02-85. Строительные нормы и правила. Автомобильные дороги. – М. : ЦИТП Госстроя СССР. 1986. – 56 с.

27. СНИП 2.05.11-83. Строительные нормы и правила. Внутрихозяйственные автомобильные дороги в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях и организациях. – М., 1984. – 22 с.

Основні

28. Білокриницький С.М. Проектування доріг місцевого значення: Конспект лекцій / Сергій Миколайович Білокриницький. – Чернівці: Рута, 2005. – 135 с.

29. Бондарева Э., Клековкина М. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. / Учебное пособие. – Изд-во: Юрайт. – 2017. – 212 с.

30. Вилка С.Г. Інженерна геодезія: навч. посіб. – Київ: Аграрна освіта, 2014. – 371 с.

31. Красильщиков И., Елизаров Л. Проектирование автомобильных дорог. / Учебное пособие. – Транспортная компания, 2016. – 216 с.

32. Кузмін В.І. Інженерна геодезія в дорожньому будівництві: підручник / В.І. Кузмін В.І., О.А. Білятинський. – Київ: Вища школа, 2006. – 280 с.

33. Лютий Я.І. Проектування доріг місцевого значення: Навчальний посібник / Я.І. Лютий, І.Г. Тарасюк, М.А. Мицай, П.Г. Казьмір. – Львів: ЛДСГІ, 1995. – 86 с.

34. Мовчан М.І., Собко Ю.М. Проектування автомобільних доріг. – Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 116 с.

35. Піндус Б.І. Проектування автомобільних доріг: навч. посібник / Б.І. Піндус, В.В. Гончаренко. – Горлівка: АДІ ДВНЗ ДонНТУ, 2013. – 244 с.

36. Шведовский, П. В. Изыскания и проектирование автомобильных дорог / П.В. Шведовский, В.В. Лукша, Н.В. Чумичева. Ч.1. «План, земляное полотно». – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М. – 2016. – 444 с.: ил.

37. Яцевич, И. К. Основы проектирования автомобильных дорог: учебно-метод. пособие / И. К. Яцевич и Е. И. Кононова. – Минск: БНТУ, 2016. – 103 с.

Додаткові

38. Андреев О.В. Автомобильные дороги. Примеры проектирования: уч. пос. для студ. автом.–дор. спец. Вузов / [Андреев О.В., Бабков В.Ф., Дивочкин О.А. и др.]; под ред. В.С. Порожнякова. – Москва: Транспорт, 1983- 303 с.

39. Антонов Н.М. Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах (описание и таблицы)/ [Антонов Н.М., Боровков Н.А., Бычков Н.Н., Фриц Ю.Н.]. – Москва: Транспорт, 1968. – 200 с.
40. Бабков В.Ф. Проектирование автомобильных дорог. Ч.1: учебн. для студ. высш. учеб. завед. / В.Ф.Бабков, О.В. Андреев – Москва: Транспорт, 1987. – 368с.
41. Бавровська Н.М. Навчальне видання для виконання курсової роботи з дисципліни «Проектування доріг місцевого значення». – Київ: НУБіП. 2010, – 36 с.
42. Білокриницький С.М. Проектування доріг місцевого значення: Методичні вказівки до розрахунково-графічних робіт / Сергій Миколайович Білокриницький. – Чернівці: Рута, 2006. – 76 с.
43. Білятинський О.А., Заворицький В.Й., Старовойда В.П., Хом'як Я.В. Проектування автомобільних доріг: Підручник. У 2 ч. Ч. 1. – Київ: Вища школа, 1997. – 518 с.: іл. Ч. 2. – Київ: Вища школа, 1998. – 416 с.: іл.
44. Бойчук В.С. Довідник дорожника / В.С. Бойчук. – Київ: Урожай, 2002. – 560 с.
45. Бойчук В.С., Кірічек Ю.О., Сергєєв О.С. Штучні споруди на автомобільних дорогах // Підручник. – Дніпропетровськ. – ПДАБА 2004. – 364 с.
46. Бойчук В.С., Кірічек Ю.О. Сільськогосподарські дороги та майданчики: Підручник. – К.: Урожай, 2000, – 312 с.
47. Бондаренко А.И. Сельские транспортные коммуникации. Проектирование / А.И. Бондаренко. – К: Наук. думка, 1979. – 20 с.
48. Булдаков С.И. Проектирование основных элементов автомобильных дорог: учеб. пособие. – Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2011. – 295 с.
49. Заворицький В.Й. Транспортно-експлуатаційні якості автомобільних доріг : навчальний посібник / В.Й. Заворицький, М.Д. Алєніч, С.С. Кизима. – Київ: ІСДО, 1995. – 136 с.
50. Красильщиков И.М. Проектирование автомобильных дорог: учебн. пособие для техникумов / И.М. Красильщиков, Л.В. Елизаров – Москва: Транспорт, 1986. – 216 с.
51. Ксеноходов. Таблиці для проектування та розбивки клотоїдної траси автомобільних доріг. М.: Транспорт, 1981. – 320 с.
52. Кузнецов Г.А. Дороги местного значения/ Кузнецов Г.А. и др. – М.: Недра, 1986. – 350 с.
53. Лютий Я.І., Казмір П.Г. Проектування доріг місцевого значення. Метод. вказ. вик. лаб.-пр. та контр. роб. для студ. спец. 3109 «Землепорядкування». – Львів: ЛСІ. 1982. – 37 с.
54. Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. – Москва: КолоС. 2008. 598 с. ил.
55. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Вишукування та проектування автомобільних доріг». Львів, 2003 – с.
56. Митин Н. А. Таблицы для расчета объёмов земляного полотна автомобильных дорог. Москва: Транспорт, 1977. – 544 с.
57. Митин Н.А. Таблицы для разбивки горизонтальных и вертикальных кривых и закруглений с переходными кривыми на автомобильных дорогах. – Москва: Недра, 1992. – 470 с.

58. Першай Л.К. Гопций А.Б. Проектирование автомобильных дорог местного значения: Учебное пособие. – Харьков: ХАГУ, 1999. – 106 с.
59. Першай Л.К., Козаченко Л.М. Проектування автомобільних доріг місцевого значення: Навч.-метод. посібник до виконання розрахунково-графічних робіт / Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. – Харків, 2003. – 46 с.
60. Ройзман А.К. Пособие по проектированию автомобильных дорог / А.К. Ройзман. – М.: Недра, 1968. – 239 с.
61. Федотов Г.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. Кн. 1. Учебник, Москва, Высш. шк., 2009. – 646 с.
62. Федотов Г.А. Проектирование автомобильных дорог: Справочник инженера дорожника / [Федотов Г.А., Григоров Г.А., Федоров В.И. и др.]; под. ред. Г.А. Федотова. – Москва: Транспорт, 1989, – 438 с.
63. Хомяк Я.В. Принципы проектирования продольного профиля автомобильных дорог/ Хомяк Я.В., Чвак В С , Дзюба П П.,- Киев : КАДИ, 1984. – 69 с.

Технічні нормативи проектування автомобільних доріг (ДБН В.2.3-4:2015)

№	Нормативні елементи	Дороги загального користування					
		Ia	Iб	II	III	IV	V
1	Розрахункова інтенсивність руху, авт./доб.	> 10000	> 10000	10000–3000	3000–1500	1500–150	< 150
2	Вантажна напруженість, тис. тон	-	-	-	-	-	-
3	Розрахункова швидкість руху*, км/год.	$\frac{150}{120}$	$\frac{140}{110}$	$\frac{120}{100}$	$\frac{100}{80}$	$\frac{90}{60}$	$\frac{90}{40}$
4	Число смуг руху	4, 6, 8	4, 6	2	2	2	1
5	Ширина смуги руху, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3,0	-
6	Ширина проїзної частини, м	≥ 15	≥ 15	7,5	7,0	6,0	4,5
7	Ширина і обочини, м	3,75	3,75	3,5	2,5	2,0	1,75
8	Ширина дорожнього полотна, м	≥ 28,5	≥ 23,0	15,0	12,0	10,0	8,0
9	Поздовжні ухили*, %: - рекомендовані; - найбільші	не більше 30 %					
		30 40(50)	35 45(60)	40 50(70)	50 60(80)	55 70(100)	55 90(100)
10	Радіуси кривих у плані, м: - рекомендовані; - найменші	не більше 30000 м					
		1200 800	1100 700	800 600	600 300	300 150	150 65
11	Найменші радіуси вертикальних кривих, м: – випуклих; – увігнутих	15000	13000	10000	5000	2500	1050
		10000	5000	2500	1500	600	600
12	Мінімальний крок проектування, м	300	300	250	200	150	100
13	Рекомендовані типи дорожнього одягу (покриттів)	удосконалені					
		капітальні					
		полегшені					
		перехідні					
		нижчі					

*) вказані основні, а у дужках допустимі на важких ділянках зі складним рельєфом.

Елементи колових кривих при $R = 1000$ м

(В таблиці числові значення величин наведені в метрах)

Кут α , град.	Довжина тангенсу T , м	Довжина кривої K , м	Домір D $= 2T - K$, м	Довжина бісект- риси B , м	Кут α , град.	Довжина тангенсу T , м	Довжина кривої K , м	Домір D $= 2T - K$, м	Довжина бісект- риси B , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,000	0,000	0,000	0,000	14,5	127,216	253,065	1,367	8,059
0,5	4,363	8,726	0,000	0,010	15	131,652	261,792	1,513	8,629
1	8,727	17,453	0,001	0,038	15,5	136,094	270,518	1,670	9,218
1,5	13,091	26,179	0,002	0,086	16	140,541	279,244	1,837	9,828
2	17,455	34,906	0,005	0,152	16,5	144,993	287,971	2,015	10,457
2,5	21,820	43,632	0,008	0,238	17	149,451	296,697	2,205	11,106
3	26,186	52,358	0,014	0,343	17,5	153,915	305,424	2,406	11,776
3,5	30,553	61,085	0,021	0,467	18	158,384	314,150	2,619	12,465
4	34,921	69,811	0,030	0,610	18,5	162,860	322,876	2,844	13,175
4,5	39,290	78,538	0,043	0,772	19	167,343	331,603	3,082	13,905
5	43,661	87,264	0,058	0,953	19,5	171,831	340,329	3,334	14,656
5,5	48,033	95,990	0,077	1,153	20	176,327	349,056	3,598	15,427
6	52,408	104,717	0,099	1,372	20,5	180,829	357,782	3,877	16,218
6,5	56,784	113,443	0,125	1,611	21	185,339	366,508	4,170	17,030
7	61,163	122,169	0,156	1,869	21,5	189,856	375,235	4,477	17,863
7,5	65,543	130,896	0,191	2,146	22	194,380	383,961	4,800	18,717
8	69,927	139,622	0,231	2,442	22,5	198,912	392,688	5,137	19,591
8,5	74,313	148,349	0,277	2,757	23	203,452	401,414	5,491	20,487
9	78,702	157,075	0,328	3,092	23,5	208,000	410,140	5,860	21,403
9,5	83,094	165,801	0,386	3,446	24	212,557	418,867	6,246	22,341
10	87,489	174,528	0,450	3,820	24,5	217,121	427,593	6,650	23,299
10,5	91,887	183,254	0,520	4,213	25	221,695	436,319	7,070	24,280
11	96,289	191,981	0,598	4,625	25,5	226,277	445,046	7,508	25,281
11,5	100,695	200,707	0,682	5,057	26	230,868	453,772	7,964	26,304
12	105,104	209,433	0,775	5,508	26,5	235,469	462,499	8,439	27,349
12,5	109,518	218,160	0,876	5,979	27	240,079	471,225	8,933	28,415
13	113,936	226,886	0,985	6,470	27,5	244,698	479,951	9,445	29,503
13,5	118,358	235,613	1,103	6,980	28	249,328	488,678	9,978	30,614
14	122,785	244,339	1,230	7,510	28,5	253,968	497,404	10,531	31,746

Продовження таблиці додатку Б

Кут α , град.	Довжина тангенсу T , м	Довжина кривої K , м	Домір $\Delta = 2T - K$, м	Довжина бісектриси B , м	Кут α , град.	Довжина тангенсу T , м	Довжина кривої K , м	Домір $\Delta = 2T - K$, м	Довжина бісектриси B , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	258,618	506,131	11,105	32,900	44,5	409,111	776,649	41,573	80,450
29,5	263,278	514,857	11,699	34,077	45	414,214	785,375	43,052	82,392
30	267,949	523,583	12,315	35,276	45,5	419,335	794,101	44,568	84,362
30,5	272,631	532,310	12,953	36,498	46	424,475	802,828	46,122	86,360
31	277,325	541,036	13,613	37,742	46,5	429,634	811,554	47,714	88,387
31,5	282,029	549,763	14,296	39,009	47	434,812	820,281	49,344	90,441
32	286,745	558,489	15,002	40,299	47,5	440,011	829,007	51,014	92,524
32,5	291,473	567,215	15,732	41,613	48	445,229	837,733	52,724	94,636
33	296,213	575,942	16,485	42,949	48,5	450,467	846,460	54,475	96,777
33,5	300,966	584,668	17,264	44,309	49	455,726	855,186	56,266	98,948
34	305,731	593,394	18,067	45,692	49,5	461,006	863,913	58,100	101,148
34,5	310,508	602,121	18,896	47,099	50	466,308	872,639	59,976	103,378
35	315,299	610,847	19,750	48,529	50,5	471,631	881,365	61,896	105,638
35,5	320,103	619,574	20,631	49,984	51	476,976	890,092	63,859	107,929
36	324,920	628,300	21,539	51,462	51,5	482,343	898,818	65,867	110,250
36,5	329,751	637,026	22,475	52,965	52	487,733	907,544	67,921	112,602
37	334,595	645,753	23,438	54,492	52,5	493,145	916,271	70,020	114,985
37,5	339,454	654,479	24,429	56,044	53	498,582	924,997	72,166	117,400
38	344,328	663,206	25,450	57,621	53,5	504,041	933,724	74,359	119,847
38,5	349,216	671,932	26,499	59,222	54	509,525	942,450	76,601	122,326
39	354,119	680,658	27,579	60,849	54,5	515,034	951,176	78,891	124,838
39,5	359,037	689,385	28,689	62,501	55	520,567	959,903	81,231	127,382
40	363,970	698,111	29,829	64,178	55,5	526,125	968,629	83,622	129,959
40,5	368,919	706,838	31,001	65,881	56	531,709	977,356	86,063	132,570
41	373,885	715,564	32,205	67,609	56,5	537,319	986,082	88,557	135,215
41,5	378,866	724,290	33,442	69,364	57	542,956	994,808	91,103	137,893
42	383,864	733,017	34,711	71,145	57,5	548,619	1003,535	93,703	140,606
42,5	388,879	741,743	36,014	72,952	58	554,309	1012,261	96,357	143,354
43	393,910	750,469	37,352	74,786	58,5	560,027	1020,988	99,066	146,137
43,5	398,960	759,196	38,723	76,647	59	565,773	1029,714	101,832	148,956
44	404,026	767,922	40,130	78,535	59,5	571,547	1038,440	104,654	151,810

Кінець таблиці додатку Б

Кут α , град.	Довжина тангенсу T , м	Довжина кривої K , м	Домір $D = 2T - K$, м	Довжина бісектриси B , м	Кут α , град.	Довжина тангенсу T , м	Довжина кривої K , м	Домір $D = 2T - K$, м	Довжина бісектриси B , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
60	577,350	1047,167	107,534	154,701	75,5	774,283	1317,685	230,881	264,719
60,5	583,183	1055,893	110,472	157,628	76	781,286	1326,411	236,160	269,018
61	589,045	1064,619	113,471	160,592	76,5	788,336	1335,138	241,535	273,371
61,5	594,937	1073,346	116,529	163,594	77	795,436	1343,864	247,008	277,779
62	600,861	1082,072	119,649	166,633	77,5	802,585	1352,590	252,579	282,241
62,5	606,815	1090,799	122,831	169,711	78	809,784	1361,317	258,251	286,760
63	612,801	1099,525	126,077	172,828	78,5	817,034	1370,043	264,025	291,335
63,5	618,819	1108,251	129,386	175,983	79	824,336	1378,769	269,903	295,967
64	624,869	1116,978	132,761	179,178	79,5	831,691	1387,496	275,887	300,658
64,5	630,953	1125,704	136,202	182,414	80	839,100	1396,222	281,977	305,407
65	637,070	1134,431	139,710	185,689	80,5	846,562	1404,949	288,176	310,217
65,5	643,222	1143,157	143,286	189,005	81	854,081	1413,675	294,486	315,087
66	649,408	1151,883	146,932	192,363	81,5	861,655	1422,401	300,909	320,019
66,5	655,629	1160,610	150,648	195,763	82	869,287	1431,128	307,446	325,013
67	661,886	1169,336	154,435	199,205	82,5	876,976	1439,854	314,099	330,071
67,5	668,179	1178,063	158,295	202,690	83	884,725	1448,581	320,870	335,192
68	674,509	1186,789	162,228	206,218	83,5	892,534	1457,307	327,761	340,379
68,5	680,876	1195,515	166,236	209,790	84	900,404	1466,033	334,775	345,633
69	687,281	1204,242	170,320	213,406	84,5	908,336	1474,760	341,912	350,953
69,5	693,725	1212,968	174,481	217,068	85	916,331	1483,486	349,176	356,342
70	700,208	1221,694	178,721	220,775	85,5	924,390	1492,213	356,568	361,799
70,5	706,730	1230,421	183,039	224,527	86	932,515	1500,939	364,091	367,327
71	713,293	1239,147	187,439	228,327	86,5	940,706	1509,665	371,747	372,927
71,5	719,897	1247,874	191,920	232,174	87	948,965	1518,392	379,537	378,598
72	726,543	1256,600	196,485	236,068	87,5	957,292	1527,118	387,465	384,344
72,5	733,230	1265,326	201,134	240,011	88	965,689	1535,844	395,533	390,164
73	739,961	1274,053	205,869	244,003	88,5	974,157	1544,571	403,743	396,059
73,5	746,735	1282,779	210,692	248,044	89	982,697	1553,297	412,097	402,032
74	753,554	1291,506	215,603	252,136	89,5	991,311	1562,024	420,599	408,083
74,5	760,418	1300,232	220,603	256,278	90	1000,00	1570,750	429,250	414,214
75	767,327	1308,958	225,696	260,472					

Відомість кутів повороту, прямих і кривих (приклад заповнення)

№ кутів повороту	Величина кутів		Пікетажні значення						Елементи кривої				Віддаль між вершинами кутів повороту (L), м		Довжина прямих вставок (Пр), м		Румби ліній	
	вліво	вправо	ВК	ПК	КК	R	T	K	B	Д	Д	напр.	кут	напр.	кут			
1	30°0		7±50.00			7	8	9	10	11			12	13	14	15		
2	38°00		14±42.70	4+82,05	10±05,65	1000	267,95	331,61	35,28	12,87			750	264,90	ПтС	65°00		
3	60°0		22±49.84	12+70,55	16±01.99	500	172,15	1047,20	28,20	107,60			820	70,45	ПтС	77°00		
4	35°0		28±91.71	16+72,44	27±19.11	1000	577,40	305,49	154,70	9,86			750	14,95	ПтС	43°00		
Кінець траси	73°0			27+03,06	30±39.23	500	157,65		24,26				540	382,35	ПтС	178°00		
				24±21.58	24±21.58		1175,15	2206,08		143,33			3565	1214,70				

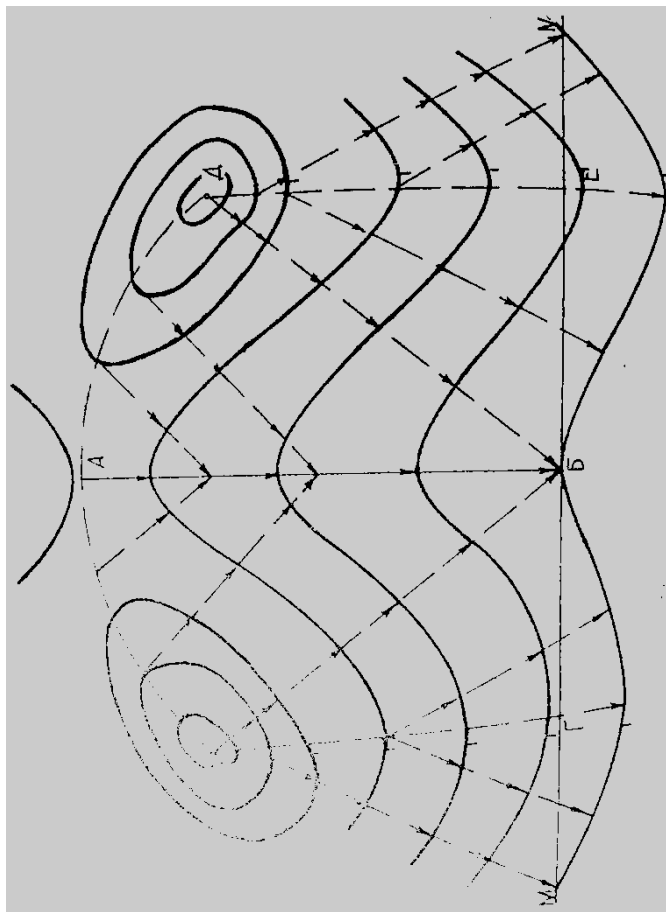
Перевірка: $\Sigma K + \Sigma Пр = Lt$ $2206 + 1214,70 = 3412,68$

$\Sigma L - \Sigma D = Lt$ $3565 - 143,33 = 3412,67$

$\Sigma \alpha_{лів.} - \Sigma \alpha_{пр.} = A_{поч.} - A_{кін.}$ $73°00' - 90°00' = 85°00' - 102°00' = 17°00'$

Примітка: румби ліній визначають через кути повороту

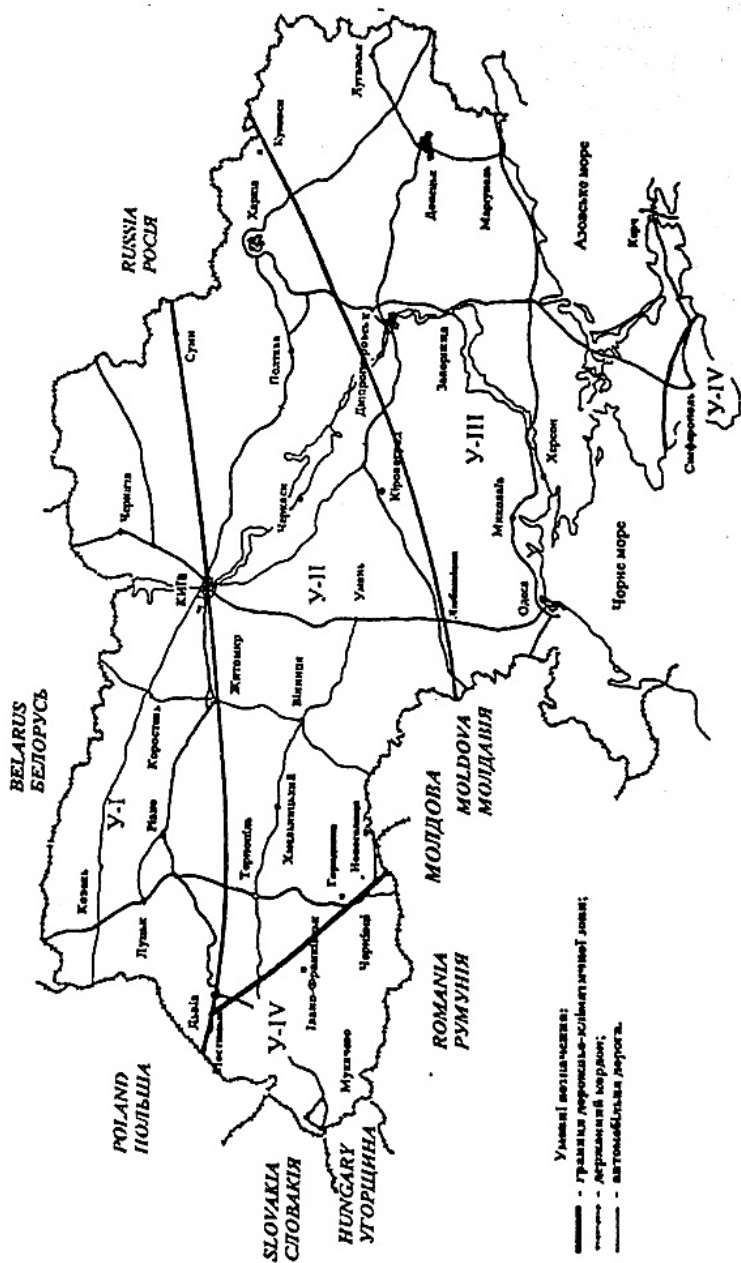
Схема водозбірної басейну



AB – водозливна лінія;
ВД, ВГ, і ДЕ – вододільні лінії;
ГВАДЕ – плаття водозбірної
басейну

MN – ділянка траси дороги;
Б – місце розташування
водопропускної штучної
споруди.

Дорожно-кліматичне районування території України



Таблиця 1 – Залежить значення геоморфологічного коефіцієнта ψ від ухилу головної улоговини водостоку $i_{\text{луг}}$

$i_{\text{луг}}, \%$	ψ	$i_{\text{луг}}, \%$	ψ	$i_{\text{луг}}, \%$	ψ	$i_{\text{луг}}, \%$	ψ	$i_{\text{луг}}, \%$	ψ
2	0,015	7	0,027	14	0,032	25	0,037	50	0,043
3	0,020	8	0,028	16	0,033	30	0,038	60	0,045
4	0,022	9	0,029	18	0,034	35	0,040	70	0,047
5	0,024	10	0,030	20	0,035	40	0,041	90	0,051
6	0,026	12	0,031	22	0,036	45	0,042	100	0,055

Таблиця 2 – Значення шару зливого стоку h мм

Грунти басейну	Категорія ґрунтів на у смоктування	Тривалість зливи, (кількість хвилин)	$h_{\text{мм}}$ при вірогідності перевищення стоку, ВП %		
			4	3	2
Глинисті	II	30	37	35	39
		60	41	40	46
Суглинки, суглинисті чорноземи, підзоли	III	30	30	30	36
		60	28	27	37
Чорноземи звичайні та підведені, задернована супісь, лес	IV	30	17	17	25
		60	0	0	11
Сіроземи, супісі бурі, пустинно-степові ґрунти	V	30	3	9	12
		60	0	0	0

Таблиця 3 – Шар втрат z на змочування рослинності

Характер рослинності на басейні	$Z_{\text{мм}}$
Рослинність відсутня (рілля, піски тощо)	0
Густа трава, рідкий чагарник	5
Середній ліс, чагарник	10
Густий ліс	15
Тайга	20

Таблиця 1 – Коефіцієнт гідравлічної шорсткості русла m_p

Характеристика русла	m_p
Рівне земляне річище	25
Хвилясте і чагарникове річище	20
Густо захищене річище	15
Русло в завалах, західне	10

Таблиця 2 – Коефіцієнт гідравлічної шорсткості схилів m_c

Характеристика поверхні схилів	Рослинність		
	Відсутня або рідка	Звичайна	Густа
Не у смоктуюча поверхня (асфальтобетон)	100	-	-
Закоткована спланована поверхня	50	30	20
Поверхня, добре оброблена оранкою	30	20	10
Поверхня, грубо оброблена оранкою, з купинами, брилами	20	10	5

Таблиця 3 – Коефіцієнт k , який враховує шорсткість русла і схилів

m_p	m_c							
	100	50	30	20	15	10	7	5
50	3,3	29	2,2	1,3	1,5	1,2	1,00	0,80
25	2,8	2,2	1,7	1,4	1,2	1,1	0,90	0,75
20	2,5	1,9	1,6	1,4	1,2	1,0	0,80	0,70
15	2,2	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,75	0,65
10	1,7	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,70	0,60
5	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,55

Таблиця 4 – Коефіцієнт озерності і заболоченості δ

Заболоченість басейну (болот.), %	Озерність, %					
	0	2	6	10	15	≥ 20
0	1,0	0,79	0,59	0,48	0,38	0,32
3	0,95	0,77	0,58	0,47	0,38	0,31
10	0,87	0,72	0,56	0,45	0,37	0,30
30	0,71	0,62	0,50	0,41	0,34	0,28
80	0,58	0,52	0,43	0,36	0,30	0,26
100	0,47	0,43	0,36	0,31	0,25	0,21

Таблиця 1 – Типи місцевості за характером зволоження

<i>Характеристика місцевості за умовами зволоження</i>	<i>Тип місцевості</i>
Сухі місця без надмірного зволоження (поверхневий стік забезпечений, ґрунтові води впливу не справляють)	сухі місця, I
Вологи місця з надмірним зволоженням в окремі періоди року (поверхневий стік не забезпечений, ґрунтові води не впливають)	сири місця, II
Вологі місця з постійним надмірним зволоженням (ґрунтові води або довготривалі – більш 30 діб – застійні поверхневі води) впливають на зволоження верхнього шару фунтів незалежно від умов поверхневого стоку)	мокрі місця III

Таблиця 2 – Значення величини $(h - Z)^m$

$h - Z$	$(h - Z)^{3/2}$	$h - Z$	$(h - Z)^{3/2}$	$h - Z$	$(h - Z)^{3/2}$
4	12	15	75	26	222
5	17	16	85	27	240
6	21	17	98	28	252
7	25	18	106	29	270
8	31	19	118	30	290
9	36	20	132	31	305
10	42	21	144	32	320
11	47	22	160	33	340
12	56	23	174	34	360
13	61	24	190	35	385
14	68	25	204	36	400

Таблиця 3 – Значення величини F^n

F	$F^{2/3}$	F	$F^{2/3}$	F	$F^{2/3}$	F	$F^{2/3}$	F	$F^{2/3}$	F	$F^{2/3}$
0,1	0,2	1,4	1,4	2,8	2,6	4,2	3,7	6,5	5,2	10	7,3
0,2	0,3	1,6	1,6	3,0	2,8	4,4	3,8	7,0	5,5	11	7,9
0,3	0,4	1,8	1,8	3,2	3,0	4,6	4,0	7,5	5,8	12	8,4
0,5	0,6	2,0	2,0	3,4	3,1	4,8	4,1	8,0	6,1	13	8,8
0,7	0,8	2,2	2,2	3,6	3,3	5,0	4,2	8,5	6,5	15	9,7
1,0	1,0	2,4	2,3	3,8	3,4	5,5	4,5	9,0	6,8	20	12,0
1,2	1,2	2,6	2,5	4,0	3,6	6,0	4,8	9,5	7,0	25	13,0

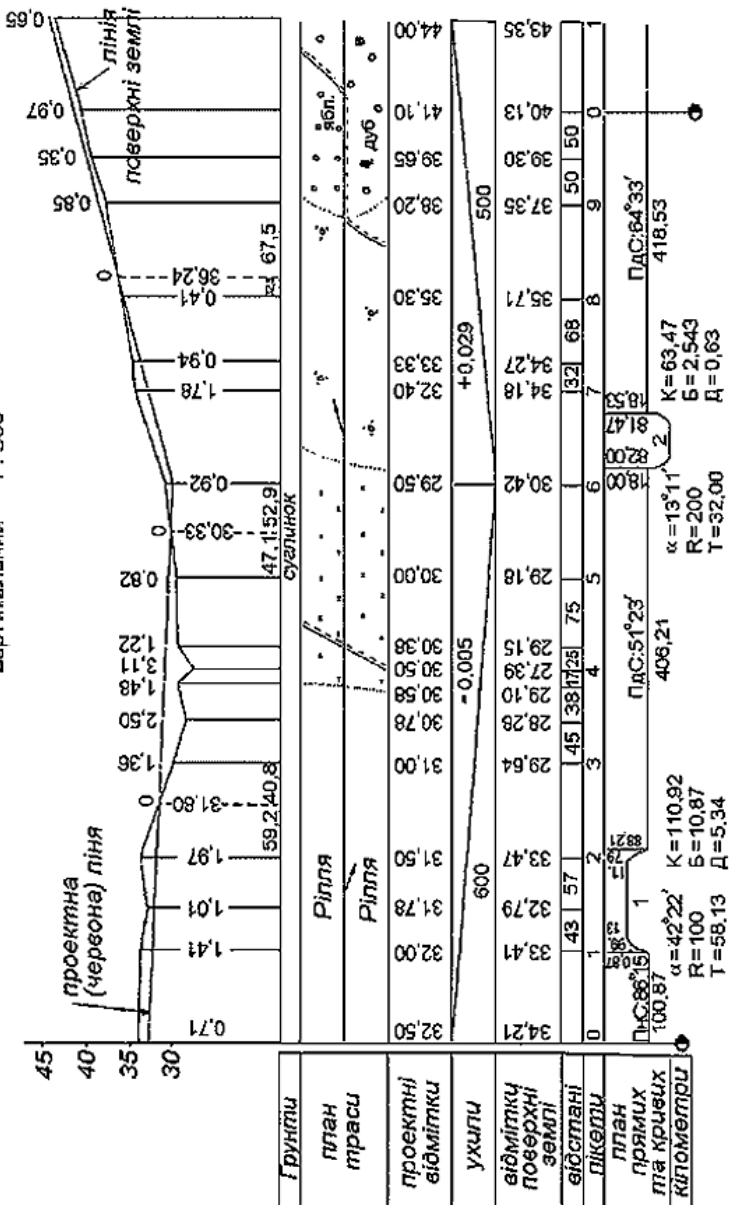
Таблиця пропускної здатності круглих залізобетонних труб

(I – порталні, комірні, раструбні, II – обтічні оголовки)

$Q_{зл},$ м ³ /с	$d=0,75$		$d=1,00$		$d=1,25$		$d=1,50$		$d=2,00$		$Q_{зл},$ м ³ /с
	Н		Н		Н		Н		Н		
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
0,4	0,61	0,56	0,55	0,51	0,51	0,47	0,48	0,42	0,45	0,38	0,4
0,6	0,79	0,72	0,70	0,64	0,62	0,57	0,60	0,56	0,55	0,44	0,6
0,8	1,00	0,85	0,82	0,76	0,73	0,64	0,69	0,63	0,67	0,61	0,8
0,9	1,17	0,92	0,88	0,81	0,76	0,71	0,74	0,68	0,69	0,65	0,9
1,0	1,33	0,99	0,94	0,86	0,82	0,75	0,78	0,72	0,73	0,68	1,0
1,2	1,72	1,14	1,06	0,96	0,91	0,84	0,87	0,80	0,81	0,75	1,2
1,4	2,19	1,28	1,17	1,06	1,00	0,92	0,93	0,87	0,89	0,82	1,4
1,6	2,69	1,44	1,37	1,14	1,09	1,00	0,98	0,93	0,93	0,87	1,6
1,8	-	1,63	1,59	1,25	1,16	1,07	1,08	1,00	0,99	0,92	1,8
2,0	-	1,84	1,80	1,32	1,26	1,13	1,15	1,07	1,05	0,97	2,0
2,2	-	2,07	2,04	1,47	1,33	1,21	1,21	1,12	1,11	1,02	2,2
2,5	-	2,42	2,47	1,58	1,43	1,31	1,30	1,20	1,19	1,10	2,5
3,0	-	-	-	1,82	1,86	1,45	1,47	1,33	1,30	1,21	3,0
3,5	-	-	-	2,14	2,24	1,60	1,63	1,48	1,41	1,31	3,5
4,0	-	-	-	2,47	2,96	1,84	1,75	1,60	1,53	1,43	4,0
4,5	-	-	-	2,87	3,26	1,98	2,07	1,71	1,65	1,53	4,5
5,0	-	-	-	-	-	2,17	2,38	1,83	1,75	1,61	5,0
5,5	-	-	-	-	-	2,37	2,67	1,95	1,86	1,71	5,5
6,0	-	-	-	-	-	2,58	2,99	2,00	1,97	1,79	6,0
6,5	-	-	-	-	-	2,82	3,32	2,27	2,09	1,88	6,5
7,0	-	-	-	-	-	3,09	-	2,40	2,16	1,97	7,0
7,5	-	-	-	-	-	3,34	-	2,52	2,26	2,07	7,5
8,0	-	-	-	-	-	-	-	2,64	2,34	2,08	8,0
8,5	-	-	-	-	-	-	-	2,79	2,38	2,18	8,5
9,0	-	-	-	-	-	-	-	2,93	2,66	2,29	9,0
9,5	-	-	-	-	-	-	-	3,10	2,86	2,36	9,5
10,0	-	-	-	-	-	-	-	3,29	3,07	2,44	10,0
11,0	-	-	-	-	-	-	-	3,68	3,49	2,62	11,0
12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	3,83	2,74	12,0
13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,96	13,0
14,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,10	14,0
15,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,28	15,0
16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,40	16,0
17,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,60	17,0
18,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,80	18,0
Л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,04	19,0

ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ ПОЗДОВЖЬОГО ПРОФІЛЮ (скороочений)

Масштаби: горизонтальний 1 : 5000
 вертикальний 1 : 500



Зразок оформлення кутового штампу плану

17	23	15	10	120		
	ПБ	Підпис	Дата	Місцезнаходження ділянки		
Виконав	Іванова Ю.		25.04.19			
			5			
Перевірів	Кочеригін Л.		05.05.19			
			5			
			5	Тема роботи		
			5			
			5	15	17	18
			5	Стадія	Аркуш	Аркушів
			5	ДП	1	3
			5	Назва графічного креслення		
			5			
			5	БНАУ		

Таблиця 1 – Поперечні ухили проїзної частини

Тип покриття	i_n , %
1. Цементобетон, асфальтобетон	15-20
2. Брусчасті, мозаїкові, клинкерні бруківки	20-25
3. Щебенчасті, гравійні та інші матеріали, оброблені органічними в'язучими матеріалами	20-25
4. Щебенчасті, гравійні без обробки (біле шосе)	25-30
5. Бруківка з колотого каміння і булижника, ґрунтові, скріплені місцевими матеріалами	30-40

Таблиця 2 – Об'ємна вага і коефіцієнти ущільнення дорожньо-будівельних матеріалів

Матеріали	Об'ємна вага, т/м ³	Коефіцієнт ущільнення
Пісок	1,5	1,10
Гравій	1,6	1,24
Щебінь	1,9	1,32
Крупний камінь	2.3	1,20
Асфальтобетон	2.3	1,3
Цементо-бетон	2.4	1,02

**Типові конструктивні схеми дорожчого одягу
для сільськогосподарських доріг**

№	Типи одягів	Товщина шарів, см		
		покриття	основа	підстиляючий шар
1	Покриття з холодного асфальто-бетону на щебеневій, шлаковій основі. Підстиляючий шар – з місцевих матеріалів	5	20-25	0-25
2	Покриття з місцевих кам'яних матеріалів оброблених способом змішування на дорозі і підстиляючого піщаного шару	6-8	15-25	0-25
3	Ґрунтове, укріплене в'язучими (цементом, вапном) матеріалами	1-2.5	12-16	-
4	Ґрунтово-щебневі, оброблені бітумом або дьогтем, на шарі з обробленого ґрунту	1-2.5	6-10	5-12
5	Поверхнева обробка на шарі щебінки, гравію: підстиляючий шар з місцевих матеріалів	2-3	15-25	0-25
6	Щебеневе або шлакове покриття на підстиляючому шарі з місцевих матеріалів	10-22	-	10-25
7	Булижна бруківка на піщаній основі	12-16	10-25	-
8	Ґравійне покриття на ґрунтовій основі	15-25	-	-
9	Ґрунтове, укріплене піщано-глинистою сумішшю	20-25	-	-
10	Ґрунтове, укріплене щебенем, гравієм, шлаком і ін.	20-25		

Таблиця для підрахунку об'єму насипу і виймоку (об'єм приведенний на 1 м довжини)

$H_1 + H_2$	Насип $m = 1,5$			Виймок $m = 3,0$			Виймок $m = 1,5$					
	$H_1 + H_2$			$H_1 + H_2$			$H_1 + H_2$					
	$B = 8\text{ м}$	$B = 10\text{ м}$	$B = 12\text{ м}$	$B = 8\text{ м}$	$B = 10\text{ м}$	$B = 12\text{ м}$	$B = 8\text{ м}$	$B = 10\text{ м}$	$B = 12\text{ м}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	3,00	0,00	3,00	1,5	9,30	2,40	10,80	2,40
0,1	0,40	0,50	0,1	3,94	3,03	4,04	3,04	1,6	9,95	2,49	11,55	2,49
0,2	0,81	1,01	0,2	4,89	3,09	5,09	3,09	1,7	10,60	2,58	12,30	2,58
0,3	1,23	1,53	0,3	5,83	3,13	6,13	3,13	1,8	11,26	2,67	13,06	2,67
0,4	1,65	2,06	0,4	6,78	3,18	7,18	3,18	1,9	11,93	2,76	13,83	2,76
0,5	2,09	2,59	0,5	7,72	3,22	8,22	3,22	2,0	12,61	2,85	14,61	2,85
0,6	2,53	3,13	0,6	8,67	3,27	9,27	3,27	2,1	13,29	2,94	15,39	2,94
0,7	2,98	3,68	0,7	9,61	3,31	10,31	3,31	2,2	13,98	3,03	16,18	3,03
0,8	3,44	4,24	0,8	10,56	3,36	11,36	3,36	2,3	14,68	3,12	16,98	3,12
0,9	3,90	4,80	0,9	11,50	3,40	12,40	3,40	2,4	15,39	3,21	17,79	3,21
1,0	4,37	5,37	1,0	12,45	3,45	13,45	3,45	2,5	16,10	3,30	18,60	3,30
1,1	4,85	5,95	1,1	13,39	3,49	14,49	3,49	2,6	16,82	3,39	19,42	3,39
1,2	5,34	6,54	1,2	14,34	3,54	15,54	3,54	2,7	17,55	3,48	20,25	3,48
1,3	5,83	7,13	1,3	15,28	3,58	16,48	3,58	2,8	18,29	3,57	21,09	3,57
1,4	6,33	7,73	1,4	16,23	3,63	17,63	3,63	2,9	19,03	3,66	21,93	3,66
1,5	6,84	8,34	1,5	17,17	3,67	18,67	3,67	3,0	19,78	3,75	22,78	3,75
1,6	7,36	8,96	1,6	18,12	3,72	19,72	3,72	3,1	20,54	3,84	23,64	3,84

Пролодження лотатку Р

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.7	7.88	9.58	1.7	19.06	3.76	20.76	3.76	3.2	21.32	3.93	24.51	3.84
1.8	8.41	10.21	1.8	20.01	3.81	21.81	3.81	3.3	22.08	4.02	25.38	4.02
1.9	8.95	10.85	1.9	20.95	3.85	22.85	3.85	3.4	22.86	4.11	26.26	4.11
2.0	9.50	11.50	2.0	21.90	3.90	23.90	3.90	3.5	23.65	4.20	27.15	4.20
2.1	10.05	12.15	-	-	-	-	-	3.6	24.45	4.29	28.05	4.29
2.2	10.61	12.81	-	-	-	-	-	3.7	25.25	4.38	28.95	4.38
2.3	11.18	13.48	-	-	-	-	-	3.8	26.06	4.47	29.86	4.47
2.4	11.78	14.16	-	-	-	-	-	3.9	26.88	4.56	30.78	4.54
2.5	12.34	14.84	-	-	-	-	-	4.0	27.71	4.65	31.71	4.65
2.6	12.93	15.53	-	-	-	-	-	4.1	28.54	4.74	32.64	4.74
2.7	13.53	16.23	-	-	-	-	-	4.2	29.38	4.83	33.58	4.83
2.8	14.14	16.94	-	-	-	-	-	4.3	30.32	4.92	34.34	4.92
2.9	14.75	17.65	-	-	-	-	-	4.4	31.09	5.01	35.49	5.01
3.0	15.37	18.37	-	-	-	-	-	4.5	31.94	5.10	36.45	5.09
8.0	29.37	34.37	-	-	-	-	-	5.0	36.38	5.55	41.38	5.55
10.0	77.50	87.50	-	-	-	-	-	10.0	91.01	10.05	101.01	10.05
18.0	144.37	159.37	-	-	-	-	-	15.0	164.38	14.55	179.38	14.55

1 – Основні типи дорожніх покриттів (НІ ТУ 128-65)

Тип покриття	Назва покриття
I. Удосконалені	
а) капітальні	1. Цементобетонні.
	2. Асфальтобетонні, чорні щебеневі, які укладаються в гарячому стані, мозайкові та бруки на основі: бетонній, щебеневій, гравійно-щебеневій, шлаковій, із кругляка або колотого каменю, а також на основі ґрунтово-щебеневій і ґрунтовій, які укріплені в'язучими матеріалами.
б) полегшені	1. Чорні щебеневі і чорні гравійні на основі: щебеневій, гравійній, шлаковій; ґрунтовій, які укріплені в'язучими матеріалами.
	2. Клінкерні, бруки.
	3. Ґрунтоасфальт.
II. Перехідні	1. Щебеневі, гравійні, шлакові.
	2. Ґрунтово-щебеневі і ґрунтово-гравійні, які оброблені в'язучими матеріалами.
	3. Ґрунтові, які укріплені в'язучими матеріалами».
	4. Ґрунтові із кругляка або колотого каміння.
III. Нижчі	1. Ґрунтові, які укріплені гравієм, щебенем, жерстваком та ін.
	2. Ґрунтові з підібраним гранулометричним складом*

2 – Призматоїдадні поправки для насипу і виїмок

$H_1 - H_2$	Q	$H_1 - H_2$	Q	$H_1 - H_2$	Q
1,0	0,13	2,1	0,55	3,1	1,20
1,1	0,15	2,2	0,61	3,2	1,28
1,2	0,18	2,3	0,66	3,3	1,36
1,3	0,21	2,4	0,72	3,4	1,45
1,4	0,25	2,5	0,78	3,5	1,53
1,5	0,28	2,6	0,85	3,6	1,62
1,6	0,32	2,7	0,91	3,7	1,71
1,7	0,36	2,8	0,96	3,8	1,81
1,8	0,41	2,9	1,05	3,9	0,90
1,9	0,45	3,0	1,13	4,0	2,00
2,0	0,50	-	-	-	-

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні рекомендації для виконання практичних робіт та завдань самостійного
опрацювання з дисципліни «Проектування доріг»

Укладачі: КОЧЕРИГІН Леонід Юрійович, КАМІНЕЦЬКА Оксана Валерівна,
КОМАРОВА Наталя Вікторівна.

Відповідальний за випуск: асистент кафедри Кочеригін Л.Ю.

Редактор – _____.
Комп'ютерне верстання: _____

Здано до складання __. __. 2021. Підписано до друку __. __. 2021.
Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. _____. Гарнітура Times New Roman.
09110, Біла Церква, Соборна площа, 8/1, тел. 3–11–01
Білоцерківський національний аграрний університет.
Сектор оперативної поліграфії РВІКВ

Відтиражовано _____
Папір офсетний № 1. Друк офсетний. Зам. _____. Тираж – ____ прим.