

Міністерство освіти і науки України  
Національний авіаційний університет

## **ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

Методичні рекомендації  
до виконання курсового проекту  
студентів спеціальності 7.092105  
"Автомобільні дороги та аеродроми"

Київ 2006

УДК 625.72 (076.5)

ББК О111-О2р

О 751

Автори: А.О Белятинський, Н.П. Шаравара, І.С. Клименко

Рецензент: В.К. Цихановський, доктор технічних наук,  
професор

Затверджено на засіданні методично-редакційної ради  
Інституту міського господарства НАУ, протокол № 7 від  
12.01.2006р.

Основи проектування автомобільних доріг: Методичні рекомендації  
до виконання курсового проекту / А.О Белятинський., Н.П.  
Шаравара, І.С. Клименко. – К.: НАУ, 2006 – 49 с.

В методичних рекомендаціях викладена послідовність  
виконання курсового проекту з основ проектування автомобільних  
доріг. Приведено перелік питань, які вирішуються в проекті, а  
також методичні вказівки по виконанню кожного розділу проекту.

Призначені для самостійної та індивідуальної роботи студентів  
спеціальності 7.092105 "Автомобільні дороги та аеродроми" денної  
та заочної форм навчання, обговорено та схвалено на засіданні  
випускової кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів  
спеціальності 8.092105 ( протокол № 7 від 8 грудня 2005 р.)

## Зміст

Вступ.....	4
Завдання на курсовий проект.....	4
Розрахунок технічних нормативів автомобільної дороги.....	6
Проектування дороги в плані та профілі.....	18
Список літератури.....	42
Додатки.....	44

Розрахунки основних технічних нормативів на проектування доріг наведені згідно з діючими нормативами [1] та типами автомобілів, розробленими для серійного виробництва.

Вказівки до порядку проектування дороги в плані, поздовжньому та поперечному профілях, а також детальної розбивки відгону виражу полегшать самостійну роботу студентам при виконанні курсового проекту і сприятимуть підвищенню його якості.

З метою вдосконалення отриманих навиків студентам рекомендовано під час виконання курсового проекту використовувати програмні комплекси *CREDO* та *AutoCAD*.

## **1. ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ**

### **1.1 .Мета і завдання курсового проектування**

Курс "Основи проектування автомобільних доріг" є одним із профілюючих для студентів спеціальності 7.092105 "Автомобільні дороги та аеродроми". У курсі викладаються наукові основи та принципи та методика проектування автомобільних доріг, яку розроблено на основі взаємодії автомобіля та дороги.

Практичних навичок студенти набувають на практичних заняттях, при виконанні курсових проектів та робіт.

Студенти заочної форми навчання вивчають теорію, самостійно опрацьовуючи матеріал підручників та інших літературних джерел, а також слухаючи установні лекції з найскладніших тем під час екзаменаційних сесій. Практичних навичок вони набувають у процесі самостійного виконання курсових проектів.

Метою курсового проекту є навчити студентів застосовувати здобуті теоретичні знання до розв'язання конкретних інженерних задач і сприяти самостійній роботі при проектуванні окремих елементів автомобільної дороги. При цьому студенти привчаються аналізувати та критично оцінювати рекомендації діючих нормативів на проектування автомобільних доріг,

У курсовому проекті студенти розглядають такі задачі:

- аналізують географічні умови району прокладання траси;
- визначають технічну категорію дороги і розрахункову швидкість руху автомобілів;
- обґрунтовують основні технічні нормативи на проектування дороги;
- проектують трасу дороги між пунктами, заданими на карті;
- обґрунтовують найменше підняття бровки земляного полотна над поверхнею місцевості, горизонтам ґрунтових або поверхневих вод; на

перетинах з іншими автомобільними дорогами і залізницями; над водопропускними спорудами;

- проектують поздовжній профіль автомобільної дороги;
- розробляють поперечні профілі земляного полотна на окремих ділянках автомобільної дороги; визначають обсяг земляних робіт;
- виконують детальну розбивку відгону віражу для горизонтальної кривої з мінімальним радіусом.

Примітка. Отвори водопропускних споруд та горизонти підпертих вод задаються керівником проекту.

Усі розрахунки і обґрунтування прийнятих рішень студенти наводять у розрахунково-пояснювальній записці, до якої додають креслення.

## 1.2 Короткий зміст окремих розділів пояснювальної записки

У вступі подають інформацію про існуючу дорожню мережу в Україні, стан і перспективи дорожнього будівництва.

У розділі I "Загальна характеристика району прокладання траси" описують географічне положення області; наводять економічні характеристики (промисловість, сільське господарство, транспорт тощо); данні про наявність дорожньо-будівельних матеріалів; характеризують галузі народного господарства району проектування та кліматичні умови. За даними навчальної карти і завдання складають характеристику рельєфу та виявляють ґрунтово-геологічні умови району прокладання траси.

У розділі 2 "Технічні нормативи на проектування автомобільної дороги" наводять обґрунтування категорії автомобільної дороги і розрахункової швидкості руху, розраховують технічні нормативи на проектування дороги. Одержані показники порівнюють із нормативними та зводять у таблицю.

У розділі 3 "Траса автомобільної дороги" наводять обґрунтування варіантного прокладання траси на карті, загальну характеристику траси для кожного з намічених варіантів. Варіанти порівнюють, аналізуючи окремі характеристики, на основі чого роблять висновок про вибір кращого із запропонованих варіантів. Наводять також відомість кутів повороту, прямих та кривих для кожного з варіантів (дод. 1).

У розділі 4 "План траси" для вибраного варіанта наводять детальне обґрунтування необхідності зміни напряму траси, використання кривих радіуса менше 2000 м, перетину водотоків та водойм, ділянок траси, прокладених через болота, ліси та інші перешкоди.

У розділі 5 "Поздовжній профіль" детально описують нанесення проектної лінії. Пояснення починають з правил

визначання керівної робочої відмітки та її значення при побудові проектної лінії. Робочі відмітки поздовжнього профілю детально обгрунтовують.

Багато уваги слід приділяти призначенню габаритів мостів та шляхопроводів.

## 2. РОЗРАХУНОК ТЕХНІЧНИХ НОРМАТИВІВ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

### 2.1 Визначення категорії дороги і розрахункової швидкості

В залежності від свого народногосподарського та адміністративного значення дороги розподіляються на дороги державного та місцевого значення, державні - на магістральні та регіональні; місцеві - на територіальні та районні. Технічна класифікація автомобільних доріг наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 Технічна класифікація автомобільних доріг  
у авт/добу

Категорія дороги	Розрахункова інтенсивність руху	
	транспортних одиниць	приведена до легкового автомобіля
I <sub>a</sub>	понад 10000	понад 14000
I <sub>б</sub>	понад 10000	понад 14000
II	від 3000 до 10000	від 5000 до 14000
III	від 1500 до 3000	від: 2500 до 5000
IV	від 150 до 1500	від 300 до 2500
V	до 150	до 300

Примітка 1. Розрахункова інтенсивність руху в транспортних одиницях приймається, коли кількість легкових автомобілів становить менше 30% загального транспортного потоку.

Розрахункові швидкості руху для проектування елементів плану, (поздовжнього та поперечного профілів, а також інших елементів, які залежать від швидкості руху, слід приймати за даними табл. 2.2.

Таблиця 2.2  
Розрахункові швидкості руху для доріг різних категорій

Кате- горія дороги	Розрахункова швидкість, км/год		
	Основна	Допустима на складних ділянках	
		пересіченої	гірської
I <sub>a</sub>	150	120	100

Продовження табл.2.2

I <sub>к</sub>	140	110	80
II	120	100	60
III	100	80	50
IV	90(80)	60	40
V	90(60)	40	30

2.2. Розрахунок мінімального радіуса кривої в плані. Мінімальний радіус кривої в плані :

$$R = \frac{V^2}{g(\mu \pm i_n)}, \quad (2.1)$$

де  $V$  - розрахункова швидкість руху автомобіля для даної категорії дороги, м/с;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  - прискорення вільного падіння;  $\mu$ - коефіцієнт поперечної сили (табл. 2.3);  $i_n$ - поперечний похил віражу (табл. 2.4, 2.5); знак "+" приймають при влаштуванні віражу.

Таблиця 2.3

Значення коефіцієнта поперечної сили

Вимоги	Гранично допустимі значення коефіцієнту поперечної сили залежно від стану покриття		
	Сухе, $\varphi = 0,6$	Мокре, $\varphi = 0,3$	Ожеледиця, $\varphi=0,2$
Стійкість проти перекидання	0,60	0,60	0,60
Стійкість проти заносу	0,35	0,2	0,12
Забезпечення зручності поїздки	0,15	0,15	0,15
Економічність експлуатації автомобіля	0,10	0,10	0,10

Таблиця 2.4

Поперечний похил проїзної частини при двоскатному поперечному профілі залежно від виду дорожнього покриття

Вид дорожнього покриття	Поперечний похил, ‰
Цементно - та асфальтобетонні	15-20
Бруцаті, мозаїкові та клінкерні, бруківка	20-25
Із щебених, гравійних та інших матеріалів, оброблених органічними в'язучими матеріалами	20-25
Бруківки з колотого та брукового каменю, ґрунтові, укріплене місцевими матеріалами	30-40

Таблиця 2.5

Поперечний похил проїзної частини на

Радіус кривих в плані, м	Поперечний похил		
	основний (найпоширеніший)		у районах із частини ожеледцями
	на дорогах категорій I-V	на під'їзних дорогах до промислових підприємств	
Від 3000 до 1000 для доріг категорії I	20-30	-	20-30
Від 2000 до 1000 для доріг категорій II-V	20-30	-	20-30
Від 1000 до 800	30- 40	-	30-40
Від 800 до 700	30-40	-	30-40
Від 700 до 650	40-50	20	40
Від 650 до 600	50-60	20	40
Від 600 до 500	60	20-30	40
Від 500 до 450	60	30-40	40
Від 450 до 400	60	40-60	40
Від 400 до і	60	60	40

Примітка: Менші значення поперечних похилів на виражах відповідають більшим радіусам кривих, а більші - меншим.

При двоскатному поперечному профілі поперечні похили слід приймати на 10-30% більшими від поперечних похилів проїзної частини. Залежно від кліматичних умов і типу укріплення узбіч допускаються такі поперечні похили: при укріпленні з використанням в'язучих матеріалів - 30-40%; при укріпленні



гравієм, щебенем, шлаком або замощені кам'яними матеріалами та бетонними плитками - 40-60%<sub>o</sub>; при укріпленні дернуванням або засіванням трав - 50-60%<sub>o</sub>.

Для районів із недовгим періодом снігового покриву та відсутністю ожеледиць для узбіч, укріплених дернуванням, допускається похил 50-80%<sub>o</sub>.

### 2.3. Визначення найбільшого поздовжнього похилу

Найбільший поздовжній похил визначається з умови подолання розрахунковим автомобілем підйому, %<sub>o</sub>:

$$i = D - f_o \quad (2.2)$$

де  $D$  - динамічний фактор, тобто вільне тягове зусилля на ободі ведучих коліс розрахункового автомобіля;  $f$  - коефіцієнт опору коченню автомобіля (табл. 2.6),

Таблиця 2.6

Значення коефіцієнта опору коченню  $f_o$

Поверхня кочення	$f_o$
Цементно - та асфальтобетонне покриття в стані: Доброму Задовільному	0,014...0,018 0,018...0,022
Рівне щебенево або гравійне покриття, оброблене органічними в'язучими	0,080... 0,025
Те саме без обробки, з невеликими вибоїнами	0,030...0,040
Мостова бруцата	0,035...0,045
Грунт: щільний, рівний, сухий нерівний і брудний	0,030.-0,060 0,050... 0,100
Сніг укатаний	0,025..0,030
Лід	0,018...0,020
Пісок: сухий вологий	0,150...0,300 0,080...0,100

Значення  $f_o$  залишаться сталими при швидкості руху до  $V = 60$  км/год. Збільшення швидкості руху автомобіля понад 60 км/год приводить до збільшення коефіцієнта опору коченню, який з цього разу можна визначити за емпіричною формулою:

$$f_v = f_o ( 1 + 4,5 \cdot 10^{-5} V^2 ) \quad (2.3)$$

$de f_v, f_o$  - коефіцієнт опору коченню відповідно при  $V > 60$  км/год і  $V < 60$  км/год.

Динамічний фактор  $D$  для даного автомобіля - величина змінна, яка залежить від швидкості руху та передачі; її визначають за графіком динамічних характеристик (рис. 2.1) або згідно з [2; 3]. Від абсциси, яка відповідає заданій швидкості  $V$ , піднімають перпендикуляр до перетину з кривою даної передачі на динамічній характеристиці. Ордината цієї точки і є значенням динамічного фактора  $D$ .

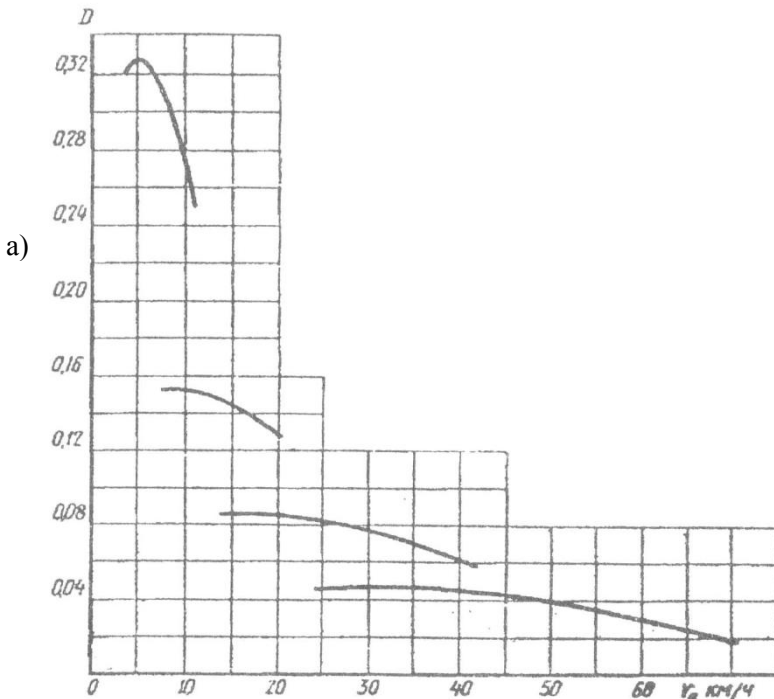
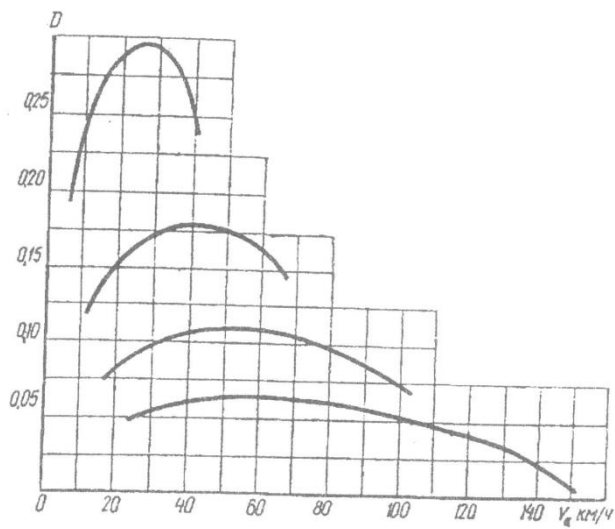


Рис.2.1 Графіки динамічних характеристик автомобілів: а- ГАЗ М-24, б- ВАЗ-2101, в- ГАЗ-51А, г- МАЗ-500, д- ЛАЗ-669А.

б)



в)

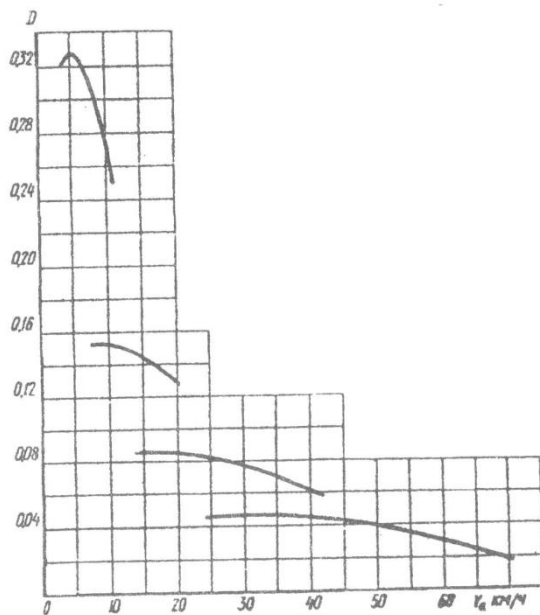
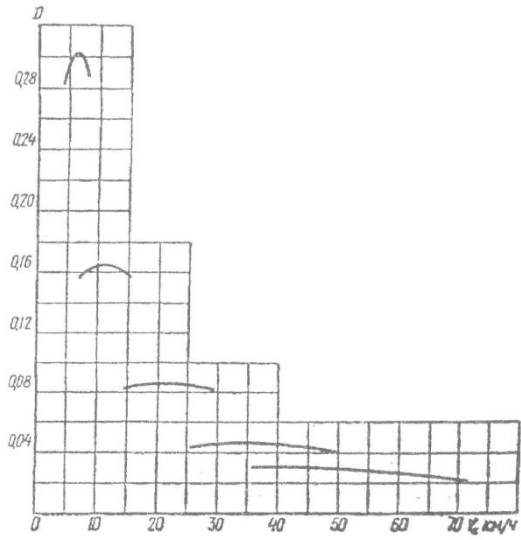


Рис.2.1 Продовження

г)



д)

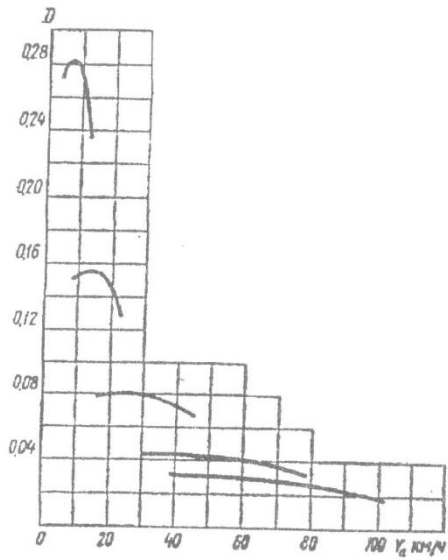


Рис.2.1. Закінчення

## 2.4. Визначення ширини проїзної частини

На прямолінійних ділянках ширина проїзної частини з двома смугами руху

$$B = b + c + 2y + x \quad (2.4)$$

де  $b$ ,  $c$  - ширина відповідно кузова автомобіля та його колії (відстань між гранями сліду найширше розставлених коліс);  $y$  - відстань від зовнішньої грані сліду колеса до краю проїзної частини;

$$y = \sqrt{0,1 + 0,0075V} \quad (2.5a)$$

$x$  - проміжок між кузовами зустрічних автомобілів, м.

$$x = 0,3 + 0,1\sqrt{V_1 + V_2} \quad (2.5b)$$

Значенням  $b$  і  $c$  для різних автомобілів приймають згідно з даними дод. 3 або [4].

Якщо рух відбувається в одному напрямі по суміжних смугах проїзної частини, то

$$\begin{cases} x = 0,3 + 0,75\sqrt{V_1 + V_2}; \\ y = \sqrt{0,1 + 0,0075V}. \end{cases} \quad (2.6)$$

На горизонтальних кривих під час руху по кривій кожне колесо автомобіля рухається за самостійною траєкторією, у результаті чого ширина смуги проїзної частини, яку займав автомобіль, збільшується. Із геометричних міркувань і з урахуванням швидкості руху поширення однієї смуги руху проїзної частини

$$e = \frac{l^2}{2R} + \frac{0,05V}{\sqrt{R}} \quad (2.7)$$

де  $l$  - відстань від задньої осі до переднього буфера автомобіля, м;  $R$  - радіус кривої в плані, м.

## 2.5. Встановлення ширини узбіччя

Ширину узбіччя автомобільної дороги залежно від її категорії слід приймати згідно з [5, табл. 4] або за даними табл. 2.7.

Таблиця 2.7

## Ширина узбіччя на дорогах

Категорія дороги	I-а	I-б	II	III	IV	V
Ширина узбіччя, м	3,75	3,75	3,75	2,5	2,0	1,75

### 2.6. Визначення відстані видимості поверхні дороги та зустрічного автомобіля

Розрахункова відстань видимості поверхні дороги визначають з умови повної зупинки автомобіля перед перешкодою, м:

$$S_{n.o.} = Vt + \frac{k_e V^2}{2g\varphi} + l_0 \quad (2.8)$$

Відстань видимості зустрічного автомобіля, який рухається по тій самій смузі, складається із суми шляхів гальмування двох автомобілів і безпечної відстані між ними:

$$S_0 = 2Vt + \frac{k_e V^2}{g\varphi} + l_0 \quad (2.9)$$

де  $t$  - час реакції водія (в розрахунках приймають  $t = 1$  с)

$k_e$  - коефіцієнт експлуатаційних умов гальмування,  $k_e = 1,2.. 1,4$ ;

$\varphi$  - коефіцієнт поздовжнього зчеплення при гальмуванні (при задовільному стані дорожнього покриття  $\varphi = 0,5$ );  $l_0$  - безпечна відстань до перешкоди,  $l_0 = 5,..10$  м.

### 2.7. Визначення мінімальних радіусів вертикальних кривих

Для зручності та безпеки руху в точки перелому поздовжнього профілю вписують випуклі та угнуті вертикальні криві.

Радіус випуклої кривої визначають з умови забезпечення видимості поверхні дороги на розрахунковій відстані:

$$R_{вun} = \frac{S_{n.o.}^2}{2d} \quad (2.10)$$

$d$  - перевищення рівня ока водія над поверхнею дороги (приймають  $d \approx 1,2$  м),

Радіус угнутої кривої визначають з умови не перевантаженості ресор під час руху автомобіля по кривій:

$$R_{уги} = \frac{V^2}{a} \quad (2.11)$$

де  $a$  - відцентрове прискорення (для доріг категорій I-III  $a = 0,3..0,4$  м/с<sup>2</sup>; для доріг категорій IV, V  $a = 0,5..0,7$  м/с<sup>2</sup>).

## 2.8. Визначення довжини відгону віражу і перехідної кривої

Для підвищення стійкості автомобіля та утвердження впевненості управління на кривих влаштовують віражі з похилом проїзної частини, а також узбіччя до центра кривої.

Перехід від двоскатного поперечного профілю проїзної частини на прямолінійній ділянці до односкатного виконують плавно в межах ділянки, яку називають відгоном віражу. Довжина відгону віражу

$$L_{відз} = \frac{B i_{\epsilon}}{i_{\delta}} \quad (2.12)$$

де  $B$  - ширина проїзної частини, м;

$i_{\epsilon}$ , - похил віражу (приймають за даними табл. 2.5);

$i_{\delta}$  - додатковий поздовжній похил зовнішньої кромки проїзної частини  $i_{\delta}$  відносно до поздовжнього похилу на ділянках відгону віражу, (згідно з [1]  $i_{\delta}$  не повинно перевищувати : для доріг категорій I, II-5%, категорій III - IV на рівнинній місцевості - 10%, у гірській -20%).

Довжина відгону віражу не повинна бути надто короткою, оскільки в цьому разі під час руху автомобіля з великою швидкістю по змінному поперечному профілю дороги виникає неприємне бічне розкачування автомобіля.

При використанні перехідних кривих відгін віражу влаштовують по всій довжині перехідної кривої. Довжина перехідної кривої

$$L = \frac{V^3}{R J} \quad (2.13)$$

де  $R$  - радіус кругової кривої, м;  $J$  - міра наростання відцентрового прискорення (згідно з [6]  $J = 0,5 \text{ м/с}^2$  ).

Усі технічні нормативи на проектування автомобільної дороги зводяться у табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Основні технічні нормативи на проектування автомобільної дороги

Показники	Значення		
	розрахункове	нормативне	Прийняте в проєкті
Мінімальний радіус кривої в плані, м: із влаштуванням віражу без улаштування віражу			
Найбільший поздовжній похил			
Ширина проїзної частини, м			
Кількість смуг руху			
Ширина узбіччя, м			
Ширина земляного полотна, м			
Поширення проїзної частини, м			
Відстань видимості, м: поверхні дороги зустрічного автомобіля			
Мінімальний радіус вертикальної кривої, м: випуклої угнутої			
Довжина відгону віражу, м			
Довжина перехідної кривої, м			



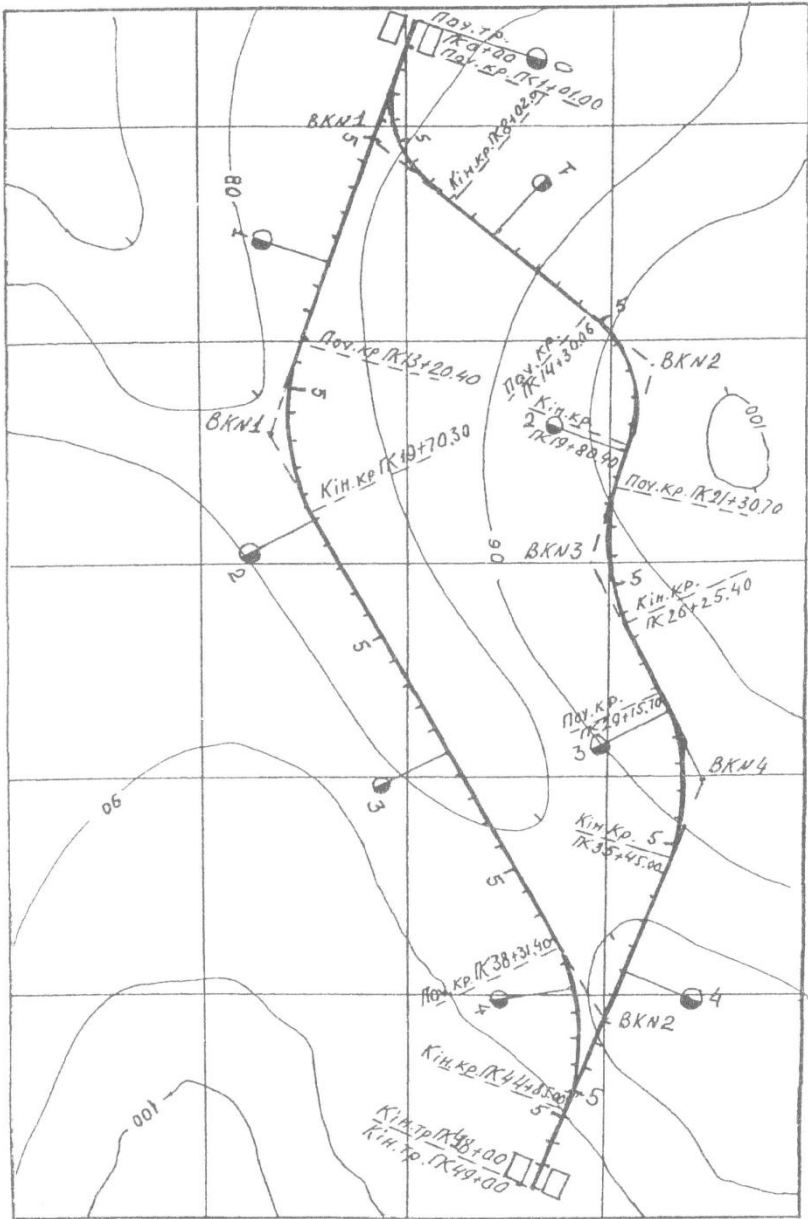


Рис. 3.1. Варіанти плану траси на топографічній карті

### 3. ПРОЕКТУВАННЯ ДОРОГИ В ПЛАНІ ТА ПРОФІЛІ

#### 3.1. Траса дороги

Дорогу в плані проектують на топографічній карті (рис 3.1). Вихід із початкового пункту і вхід до кінцевого пункту мають бути прямими продовженнями вулиць. Кути повороту слід влаштовувати так, щоб криволінійні ділянки починалися за межами населених пунктів.

У місцях повороту траси визначають кути повороту та румби прямих ділянок траси. У кути повороту траси вписують криві, радіус яких по можливості має перевищувати 2000 м. Якщо вписати криву вказаного радіуса неможливо, його можна призначити й меншим, але не меншим за мінімальне значення для даної категорії дороги.

Трасу розбивають на пікети і кілометри, визначають елементи кривих (тангенс, довжину кривої, бісектрису, домір). Початок і кінець кривих прив'язують до пікетів. Одночасно складають відомість кутів повороту, прямих і кривих (дод. І). При нанесенні траси в плані між заданими пунктами слід дотримуватись існуючих норм на проектування автомобільних доріг.

Трасування доріг між заданими пунктами виконують по найкоротшій відстані з урахуванням геофізичних умов, контурних (болота, цінні угіддя тощо) і висотних (круті спуски, підйоми) перешкод. Для доріг високих категорій (I-III) трасу доцільно прокладати по прямій.

При проектуванні доріг нижчих категорій (IV, V) слід уникати перетину більшості перешкод, розвиваючи трасу в плані.

Пересічення траси з існуючими автомобільними дорогами та залізними мають задовольняти вимоги безпеки та зручності руху автомобілів. Пересічення з дорогами по можливості влаштовують на прямолінійних ділянках, але в окремих випадках можна також влаштовувати їх на криволінійних ділянках. При пересіченні в одному рівні гострий кут між дорогами не повинен бути менше  $45^\circ$ , між автомобільною дорогою і залізницею - менше  $60^\circ$ . При пересіченні доріг у різних рівнях кут між дорогами також не повинен бути дуже гострим.

При трасуванні доріг на карті середні та великі водотоки бажано перетинати під прямим кутом, а малі водотоки і суходоли - під будь-яким.

Трасувати дорогу слід в обхід населених пунктів, за винятком доріг IV і V категорій. Щоб вибрати найдоцільніший варіант, порівнюють два варіанти траси дороги в плані (табл. 3.1).

Пересічення в одному або двох рівнях слід вибирати залежно від категорії доріг та місцевих умов.

Таблиця 3.1

Порівняння варіантів траси дороги

Показник	Варіант 1	±	Варіант 2	±
Загальна довжина траси, м				
Коефіцієнт подовження траси				
Кількість кутів повороту: усього на 1 км траси				
Загальний кут повороту, град				
Середній кут повороту, град				
Середній радіус горизонтальних кривих, м, де -загальна довжина кривих				
Кількість штучних споруд: мостів великих малих труб				
Довжина ділянок траси, м, прокладених: через ліс через болото через населені пункти				
Довжина ділянок із похилами місцевості, що перевищують граничний, м				
Кількість пересічень із дорогами: автомобільними залізницями				
Разом	Σ		Σ	

Трасу розбивають на пікети та кілометри. Початковим (нульовим) пікетом приймають точку на окраїні населеного пункту. Через кожні

десять пікетів наносять кілометровий знак і його номер. Пікети та кілометрові знаки на прямолінійних та криволінійних ділянках наносять перпендикулярно до осі дороги вниз або вліво відповідно при горизонтальному або вертикальному розташуванні траси. Довжина знаку пікету - 1,0...1,5 мм, кілометрового (прямої) -10 мм; кружок поділяють на дві рівні частини, праву за ходом траси половину зафарбовують. Закінчують трасу на окраїні кінцевого населеного пункту.

Початок та кінець траси позначають лінією, перпендикулярною до осі, над якою вказують: "Початок траси ПК 0+00" і "Кінець траси ПК ..". Два варіанти наводять різними кольорами: кращий - червоним, гірший-чорним.

Прийнятий варіант траси викреслюють на ватмані в масштабі 1:5000 у такому самому порядку, як і на карті; креслення виконують тушшю червоного кольору; ситуацію вздовж траси наносять не менше ніж по 100 м у кожний бік, а за наявності боліт, населених пунктів, лісів тощо вказана смуга може бути поширина. Для позначення ситуації на плані виконують відмітку, кольори якої відповідають карті та прийнятим умовним позначенням.

Для орієнтування траси в лівому верхньому куті аркуша наносять компас. На вільному від ситуації місці розміщують таблицю кутів повороту, прямих і кривих (рис. 3.2).

### 3.2. Проектування поздовжнього профілю

Горизонтальний масштаб поздовжнього профілю приймають 1:5000, вертикальний - 1:500, для ґрунтів - 1:50. У гірській місцевості горизонтальний масштаб приймають 1:2000, вертикальний - 1:200.

Далі наведена послідовність проектування поздовжнього профілю (розміри подано в дод. 4).

Проекту лінію, робочі відмітки, запроєктовані штучні споруди, розгорнутий план траси, тип прийнятих поперечних профілів земляного полотна, лінії та дані граф 3-11, а також пікети, криві та кілометри в графі 14 наносять червоним кольором, усе інше - чорним.

Висоту цифр відміток землі по осі дороги і бровці земляного полотна приймають 3 мм, кілометрових знаків - 5 мм, інших - 2 мм.

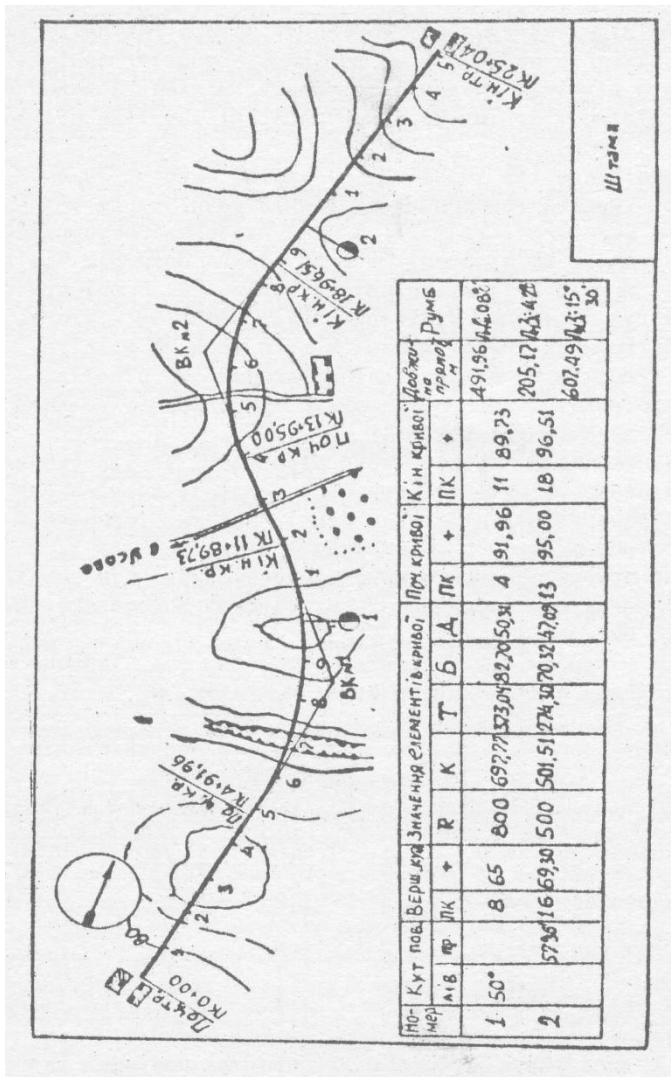


Рис. 3.2. План траси

Потім викреслюють чорний профіль поверхні землі, віднесений до осі дороги. Для цього в графу 12 (дод. 4) із карти виписують відмітки на пікетах і плюсових точках, тобто тих, які розташовані на водозбірних і водороздільних лініях, на дні ярів, біля урізу річок і струмків, на бровці земляного полотна існуючих доріг, головках рейок залізниць тощо.

Встановивши відмітку умовного горизонту, вгору від неї (у масштабі 1:500) відкладають ординати, що дорівнюють чорній відмітці кожної точки мінус відмітка умовного горизонту. З'єднавши вершини ординат тонкими лініями, отримують лінію поверхні землі по осі дороги.

Щоб поздовжній профіль вмістився на аркуші висотою 29 см, при його побудові умовний горизонт з будь-якої точні можна змінити.

Після цього заповнюють графу 1, в якій наносять розгорнутий план траси із ситуацією на відстані 50 м по обидва боки від осі дороги, і графу 14, в якій вказують криві та кілометри. Криві при повороті траси ліворуч показують угнутістю вниз, праворуч - угору. Початок та кінець горизонтальної кривої прив'язують до пікетів, тобто записують відстань до попереднього і наступного пікетів. У межах кривої записують кут повороту, радіус закруглення, довжину перехідної кривої та кругових кривих.

Згідно з даними щодо ґрунтів, типу місцевості за зволоженням і залежно від дорожньо-кліматичної зони встановлюють перевищення бровки земляного полотна над поверхнею землі, високим горизонтом ґрунтових вод або розрахунковим горизонтом поверхневих вод. Перевищення бровки земляного полотна можна визначити за даними табл. 3.2, віднявши від табличних даних товщину дорожнього покриття (0,4...0,5 м).

Таблиця 3 2

Найменші підвищення поверхні покриття над розрахунковим рівнем води  
у метрах

Ґрунт верхньої частини земляного полотна (робочого шару)	Дорожньо-кліматична зона		
	V-I	V-II	V-III
Пісок дрібнозернистий	$\frac{1,1}{0,9}$	$\frac{0,9}{0,7}$	$\frac{0,75}{0,55}$
Пісок пилюватий, супісок піщанистий	$\frac{1,5}{1,2}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,1}{0,8}$
Суглинок піщанистий, глина	$\frac{2,2}{1,6}$	$\frac{1,8}{1,4}$	$\frac{1,5}{1,1}$
Супісок пилюватий, суглинок пилюватий	$\frac{2,4}{1,8}$	$\frac{2,1}{1,5}$	$\frac{1,8}{1,3}$

Примітка 1. Над ризикою подані значення підвищення поверхні покриття над рівнем ґрунтових вод, верховодки або тривалого підтоплення (понад 30 діб) поверхневими водами, під ризикою - те саме, над поверхнею землі на ділянках з незабезпеченим поверхневим водовідводом або над рівнем короткотривалого (менше 30 діб підтоплення) поверхневими водами.

Примітка 2. За розрахунковий рівень слід призначати найбільший можливий сезонний рівень ґрунтових вод з ймовірністю перевищення 3 % для цементобетонного покриття, 5 % - для асфальтобетонного покриття і 10 % - для перехідного типу покриття.

Примітки 3. Підвищення поверхні покриття дорожнього одягу над рівнем ґрунтових або поверхневих вод при слабо і середньо засолених ґрунтах слід збільшувати на 20 % (для суглинків і глин на 30 %), а при сильно засолених ґрунтах - на 40-60 %.

Примітка 4. В районах штучного зрошення підвищення поверхні покриття над зимово-весняним рівнем стояння вод в зоні V - III слід збільшувати на 0,4 м, а в зоні V - II - на 0,2 м.

Примітка 5. В умовах зони V - IV найменші підвищення поверхні покриття над розрахунковим рівнем води призначають для Карпат за нормами зони V-I, для гірського Криму - за нормами зони V-II з урахуванням досвіду експлуатації доріг в цих районах..

Примітка 6. При наявності в верхній частині земляного полотна різних ґрунтів підвищення слід призначати по ґрунту, для якого потрібне підвищення має найбільше значення.

Потім визначають відмітки проектної (червоної) лінії біля шляхопроводів, мостів, водопропускних труб тощо. При пересіченні доріг у різних рівнях висоту насипу біля шляхопроводу та відмітку його проїзної частини визначають залежно від габариту та конструктивної висоти прольотної споруди. Висоту габариту приймають: для залізниць - 7 м; для автомобільних доріг - 5 м; для худобопрогонів - 2,5 м.

На підходах до малих мостів і дорожніх труб висота брівки земляного полотна має перевищувати розрахунковий (прийнятий) горизонт води з урахуванням підпору не менше 0,5 м при безнапірному режимі роботи споруди та не менше 1,0 м - при напірному чи напівнапірному режимі. Перед нанесенням проектної лінії намічають контрольні відмітки; брівки насипів біля штучних споруд:

головки рейок залізниць; осі проїзної частини в населених пунктах; осі автомобільних доріг, з якими вони пересікаються в різних рівнях.

Після цього помічають положення проектної лінії, користуючись шаблонами. При прокладанні проектної лінії слід намагатися компенсувати об'єми суміжних насипів та виїмок.

Проекту лінію наносять вище поверхні землі на величину керівної робочої відмітки по можливості паралельно до неї. Такий метод нанесення проектної лінії називають проектуванням за обвідною.

На крутих спусках (підйомах) похили поверхні землі іноді перевищують максимально допустимі похили дороги. У цьому разі проекту лінію наносять за січною.

Метод проектування за обвідною порівняно з методом за січною має ряд переваг: мінімум земляних робіт, зручні умови для роботи дорожньо-будівельних машин, забезпечення стійкості земляного полотна проти дії на нього води, виключення малих виїмок, які заносяться снігом. Прокладання ділянок у виїмках потрібно зводити до мінімальної довжини. Для забезпечення поверхневого стоку води проекту лінію у виїмках слід наносити з похилом не менше 5‰.

Проектування горизонтальних ділянок а також використання угнутих вертикальних кривих у виїмках не допускається.

Необхідно, щоб проектна лінія автомобільної дороги, яка перетинає в одному рівні залізницю, була горизонтальною на рівні головок рейок. Довжина горизонтальної площадки в зоні залізничного проїзду має бути щонайменше 2 м від крайньої рейки. Підходи автомобільної дороги до перетину протягом 50 м слід проектувати з позовжнім похилом щонайбільше 30‰ [1]. Вертикальні відстані від проводів повітряних телефонних та телеграфних ліній до проїзної частини в місцях перетину з автомобільними дорогами мають перевищувати 5,5 м (у теплі пори року). Перевищення проводів при перетині електропередачі має бути щонайменшим, м; при напрузі до 1 кВ - 6,0; до 110 кВ - 7,0; до 500 кВ - 9; до 750кВ-16. Після встановлення висотного положення контрольних точок переходять до нанесення проектної лінії графоаналітичним методом із використанням спеціальних шаблонів (рис. 3.3), виготовлених для кривих різного радіуса з урахуванням відповідних спотворень, які виникають через використання різних масштабів (вертикального та горизонтального).



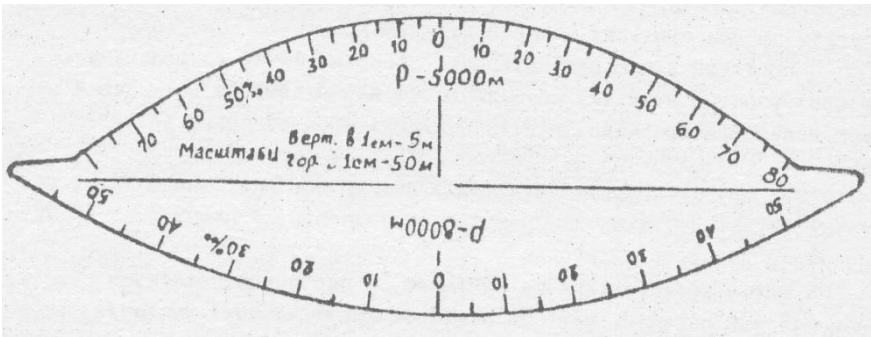


Рис. 3.3. Лекало (шаблон) для вписування вертикальних кривих

Шаблони мають бути досить точними, а креслення поздовжнього профілю (чорна лінія) потрібно виконувати дуже ретельно. При роботі з шаблонами їх потрібно накладати строго горизонтально, дотичні в місцях поєднання суміжних кривих мають збігатися, в місцях прилягання до ділянок проектної лінії з постійним похилом - відповідати їх напрямку та величині похилу. Вибір радіуса кривої (відповідних шаблонів) переважно залежить від умов рельєфу та категорії дороги. Після попереднього нанесення проектної лінії на кресленні позначають пікетаж і відмітки початку та кінця кривої, похили проектної лінії в цих точках положення та висотні відмітки понижених і підвищених ділянок вертикальних кривих. Усі ці дані уточнюють за спеціальними таблицями, наведеними в [7].

Проекту лінію завтовшки 0,5... 1,0 мм наносять червоним кольором.

Поставивши умовні позначення в графі 10 (дод. 5), показують постійні похили, вертикальні криві з прив'язкою початку та кінця кожного елемента до пікетів. На кожній кривій вказують її довжину та значення радіуса. На ділянках із постійним похилом зверху від лінії підписують значення величини похилу в тисячних, унизу - значення довжини ділянки в метрах.

У графі 11 (дод. 4) заносять відмітки проектної лінії для кожного пікету, плюсових точок, а також початку (кінця) елементів проектної лінії та вершин кривих.

Після цього обчислюють робочі відмітки, тобто різницю між відміткою поверхні землі по осі дороги та проектної лінії, віднесеної до бровки земляного полотна, і підписують їх уздовж проектної лінії в насипу на 0,5 см вище, а у виїмці - на 0,5 см нижче останньої.

При оформленні поздовжнього профілю слід керуватися умовними позначеннями, наведеними в дод. 5.

Над штучними спорудами вертикально підписують номер споруди, його тип, розмір отвору (для труби), довжину (для мосту), в також пікетажне положення.

При переході проектної лінії з виїмки у насип і навпаки робоча відмітка дорівнює нулю.

Точку перетину називають нульовою (синьою) відміткою. Наносять її синім кольором, а положення визначають з подібності трикутників за схемою, показаною на рис. 3.4.

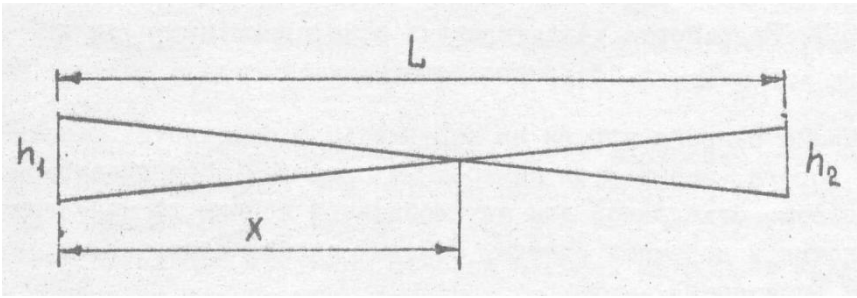


Рис. 3.4. Схема визначення положення нульових відміток

Таким чином,

$$X = \frac{h_1 L}{h_1 + h_2} \quad (3.1)$$

Попереду штучної споруди необхідно вказувати горизонт вод підпірних (ГПВ) та високих (ГВВ). Для їх визначення до відмітки дна додають глибину підпертої чи високої води, значення якої визначив керівник проекту.

Після цього розв'язують задачу відведення води від дороги, заповнивши графи 5,6,8,9 дод. 4.

У місцях із достатнім для забезпечення водостоків поздовжнім похилом водовідвідні бічні канами влаштовують паралельно земляному полотну з нагірної сторони; глибину їх приймають конструктивно залежно від роду ґрунтів, зокрема для супіщаних ґрунтів - 0,6 м; суглинків - 0,8 м; глинистих ґрунтів - 0,9... 1,2 м.

Якщо вода застоюється біля земляного полотна, бічними канавами надають поздовжній похил не менше 5‰. У графах 5 і 8 дод. 4 вказують похил і довжину канав, а в графах 6 і 9 - відмітку їх дна. Дно канави, яке не є паралельним лінії поверхні землі, позначають поряд із проектною лінією пунктиром.

Скид води із бічних канав у сторону і влаштування нагірних канав необхідно показувати умовними знаками вище проектної лінії.

Графу 3 дод. 4 заповнюють після проектування поперечних профілів земляного полотна.

Проектну лінію поздовжнього профілю можна проектувати відомим графоаналітичним методом. Цей метод не потребує використання жодних додаткових засобів (таблиць, шаблонів). При цьому можна використовувати програму для комп'ютера CAD\_CREDO, за якою і розрахувати всі відмітки проектної лінії. Проектування виконують у два етапи: перший - побудова ламаної обвідної лінії з урахуванням усіх контрольних точок; другий - вписування вертикальних кривих. На першому етапі, знаючи керівну відсотку і відмітки всіх керівних точок, будують ламану проектну лінію (рис. 3.5).

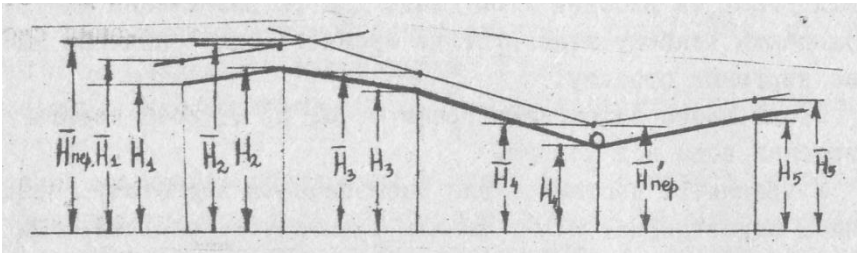


Рис. 3.5. Побудова ламаної обвідної лінії

Висотну відмітку будь-якої точки обчислюють за формулами

$$\bar{H}_1 = H_1 + h_{кер}; \bar{H}_2 = H_2 + h_{кер}; \bar{H}_n = H_n + h_{кер}; \quad (3.2)$$

де  $H_1, H_2, \dots, H_n$  - відмітка землі;

$h_{кер}$  - керівна відмітка.

За допомогою залежності (3.2) можна визначити пікетажне положення вершини ламаної (рис.3.6):

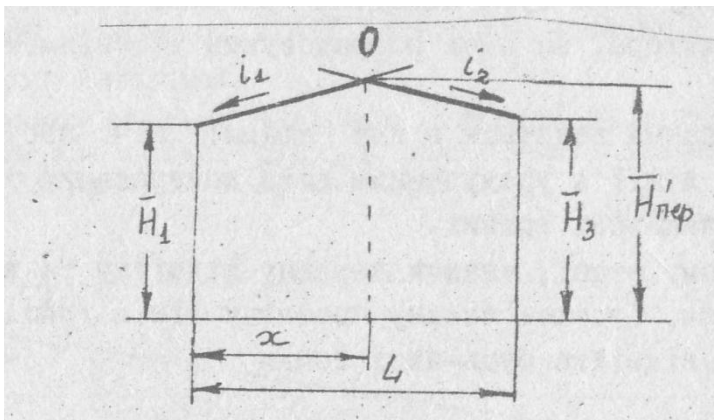


Рис. 3.6 Схема для визначення пікетажного положення вершини ламаної (точки  $O$ )

$$\bar{H}_1 + i_1 x - i_2 (L - x) = \bar{H}_2 \quad (3.3)$$

Із рівняння (3.3) визначаємо величину  $X$ . Тоді пікетажне положення початку і кінця вписаної кривої визначають так:

$$ПК = X - \frac{L_k}{2}; \quad КК = X + \frac{L_k}{2}; \quad (3.4)$$

де  $L_k$  - довжина кривої.

Вершини ламаної і вписаної в неї кругової кривої в загальному випадку не збігаються. На другому етапі проектування визначають параметр вписаних вертикальних кривих.

Довжину вертикальної кривої визначають для двох випадків:

1) коли вершина кривої розміщується в зоні кривої (рис.3.7, а, б), то

$$|i_1| + |i_2| \bar{R} = L_k \quad (3.5)$$

де  $i_1, i_2$  - поздовжній похил;

$R$  - радіус;

$L_k$  - довжина кривої;

2) коли вершина кривої розміщується поза кривою ( рис. 3.7, в, г ), то

$$|i_1| - |i_2| \bar{R} = L_k \quad (3.6)$$

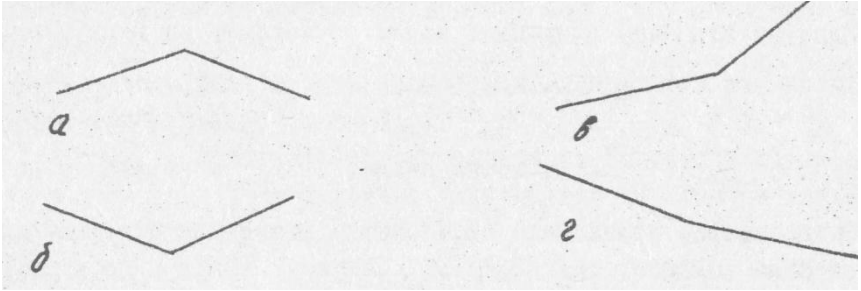


Рис. 3.7. Можливі варіанти розміщення вершини кривої в зоні кривої (а -випуклої; б - угнутої) і поза нею (в - ліворуч; г - праворуч)

Для кривої радіуса  $R$  координати точки, яка відповідає будь-якому похилу  $i$  та є дотичною до даної кривої у відповідній точці, визначають за формулою (рис.3.8)

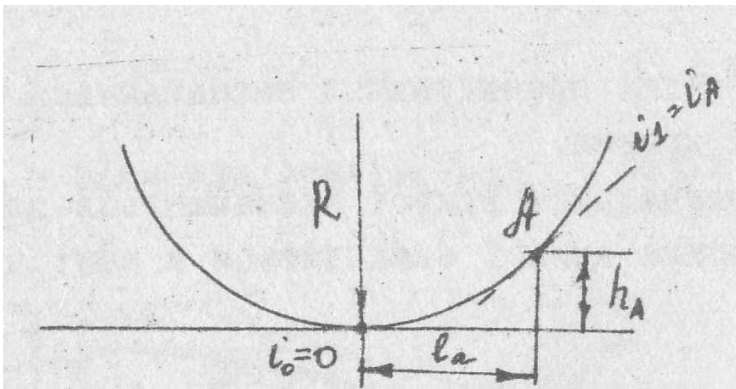


Рис. 3.8. Схема для визначення положення точки  $A(l_A, h_A)$  з похилом дотичної  $i_A$

$$l = iR; \quad h = \frac{i^2 R}{2} = \frac{l^2}{2R}; \quad (3.7)$$

### Приклад 1.

Перелом поздовжнього профілю утворений похилами  $i_1 = 0,007$  та  $i_2 = -0,010$  на ділянці довжиною  $L = 500$  м. В даний перелом необхідно вписати криву радіуса  $R = 6000$  м;  $\bar{H}_1 = 50$  м;  $\bar{H}_2 = 46$  м. Запроектувати поздовжній профіль (рис. 3.9).

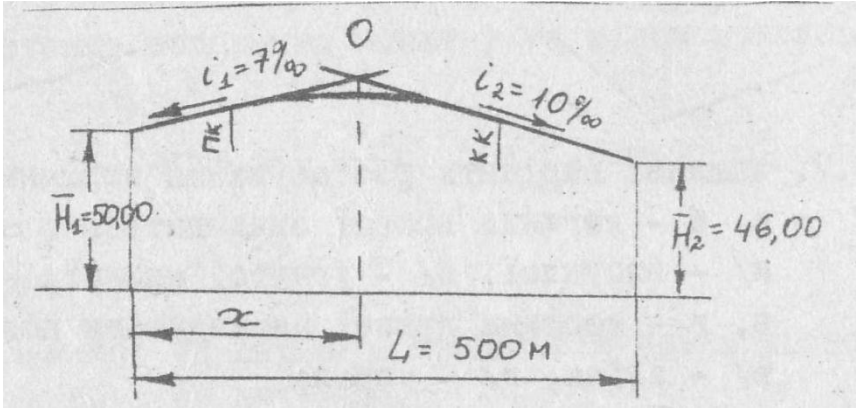


Рис. 3.9. Схема до прикладу 1

### Розв'язання.

1. Знаходимо пікетажне положення точки перелому:

$$\bar{H}_1 + i_1 x - i_2 (L_k - x) = \bar{H}_2;$$

$$50 + 0,007 - 0,010(500 - X) = 46;$$

$$X = 58,82$$

2. Визначаємо довжину кривої радіуса  $R = 6000$  м за формулою (3.5):

$L_k = 0,017 \cdot 6000 = 102$  м. Тоді пікетажне положення для початку кривої

$$ПК = X - \frac{L_k}{2} = 58,82 - \frac{102}{2} = 7,82 \text{ м};$$

кінця кривої

$$КК = X + \frac{L_k}{2} = 58,82 + \frac{102}{2} = 109,82 \text{ м}.$$

3. Виконуємо розрахунки:

$$H_{ПК0+7,82}^{ПК} = 0,007 \cdot 7,82 = 0,055;$$

$$l^{перш} = iR = 0,007 \cdot 6000 = 42 \text{ м};$$

$$h^{перш} = \frac{l^2}{2R} = \frac{42^2}{2 \cdot 6000} = 0,147 \text{ м};$$

$$l^{КК} = 0,01 \cdot 6000 = 60 \text{ м};$$

$$h^{КК} = \frac{60^2}{12000} = 0,3 \text{ м}.$$

Запроектований поздовжній профіль показано на рис.3.10.

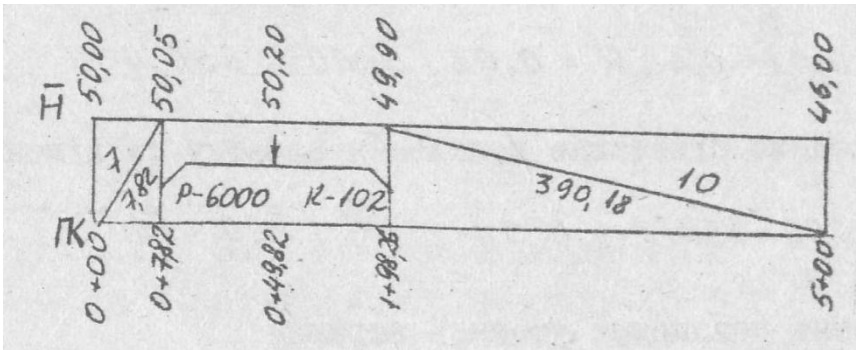


Рис. 3.10. Запроектований поздовжній профіль (до прикладу 1)

Приклад 2.

Перелом поздовжнього профілю утворений при зміні похилу від  $i_1=10\%$  до  $i_2=40\%$  на довжині ділянки  $L = 300\text{м}$ ;  $\bar{H}_1 = 50 \text{ м}$ ;  $\bar{H}_2 = 56 \text{ м}$ ;  $R=5000 \text{ м}$ .

Запроектувати поздовжній профіль (рис. 3.11),

Розв'язання.

1. Знаходимо пікетажна положення точки перелому:

$$\bar{H}_1 + i_1 x - i_2 (L - x) = \bar{H}_2;$$

$$50 + 0,01x + 0,04(300 - x) = 56;$$

$$x = 200 \text{ м}.$$

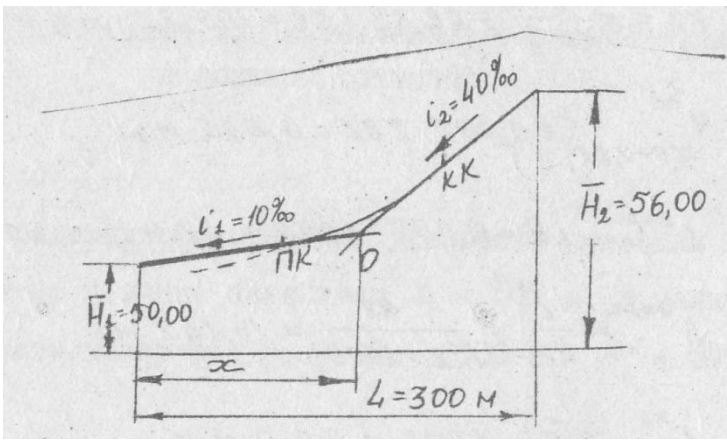


Рис. 3.11. Схема до прикладу 2

2. Визначаємо довжину кривої за формулою (3.6):

$$(0,01-0,4)R = 0,03 \cdot 5000 = 150 \text{ м.}$$

Тоді пікетажне положення для :

початку кривої

$$ПК = X - \frac{L_k}{2} = 125 \text{ м;}$$

кінця кривої

$$КК = X + \frac{L_k}{2} = 275 \text{ м.}$$

3. Обчислюємо висотне положення умовної вершини:

$$\bar{H}_e = \bar{H}_{ПК} - h_e^{ПК};$$

$$l_e = i_1 R = 0,01 \cdot 5000 = 50 \text{ м;}$$

$$h_e^{ПК} = \frac{l_e^2}{2R} = \frac{50^2}{2 \cdot 5000} = 0,25 \text{ м;}$$

$$\bar{H}_{ПК} = 50 + 0,01 \cdot 125 = 51,25 \text{ м;}$$

$$\bar{H}_e = 51,25 - 0,25 = 51 \text{ м.}$$

4. Розраховуємо висотне положення, яке відповідає точці перелому (ПК 2+00):



$$h_e^{KK} = \frac{200 - 75^2}{2 \cdot 5000} = 1,56 \text{ м}$$

$$\bar{H}_{пер} = 51 \text{ м} + 1,56 \text{ м} = 52,56 \text{ м.}$$

5. Знаходимо висотне положення кінця кривої:

$$h_e^{KK} = \frac{75 - 75^2}{2 \cdot 5000} = 4 \text{ м;}$$

$$\bar{H}_{KK} = 51 + 4 = 55 \text{ м.}$$

6. Визначаємо висотне положення кінця ділянки (ПК 3+00):

$$l = L - KK = 300 - 275 = 25 \text{ м;}$$

$$\bar{H}_K = \bar{H}_{KK} + i_2 \cdot l = 55 + 0,04 \cdot 25 = 55 + 1 = 56 \text{ м.}$$

Запроектований поздовжній профіль показано на рис. 3.12.

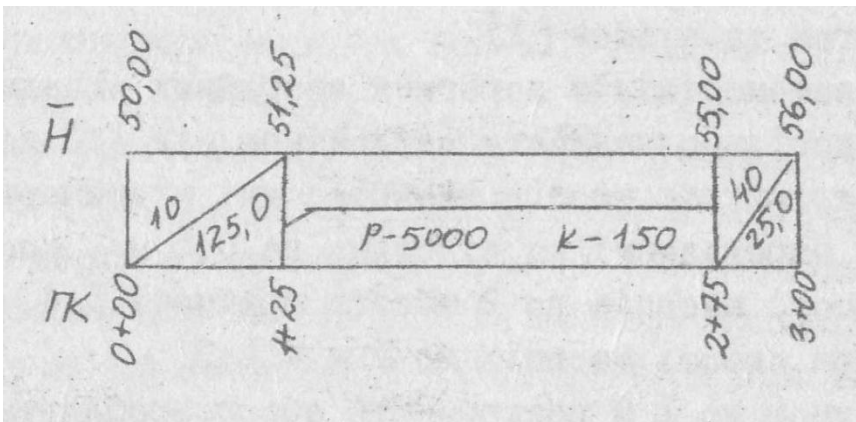


Рис. 3.12. Запроектований поздовжній профіль (до прикладу 2)

### 3.3. Розробка поперечних профілів земляного полотна

Зображення перерізу дороги на вертикальній площині, перпендикулярного до осі дороги, називають поперечним профілем. Його проєктують на всю ширину смуги, відведеної для автомобільної дороги, із нанесенням земляного полотна і дорожнього покриття, бічних каналів, декоративних та снігозахисних насаджень.

Земляне полотно в поперечному профілі показують з вигляді насипу, виїмки, напівнасипу-напіввиїмки.

Стрімкість укосів земляного полотна характеризують коефіцієнтом закладання, який визначається відношенням висоти укосу до його горизонтальної проєкції.

Таблиця 3.3

Стрімкість укосів високих насипів

Грунт насипів	Найбільша стрімкість укосів при висоті насипів, м		
	до 6	до 12	
		у нижній частині (0-6)	у верхній частині (6-12)
Брили із слабо вивітрянаних порід	1:1-1:1,3	1:3-1,5	1:1,3-1:1,5
Крупноуламкові та піщані (за винятком дрібних та пилюватих пісків)	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Піщані дрібні та пилюваті, глинисті та лесові	$\frac{1:1,5}{1:1,75}$	$\frac{1:1,75}{1:2}$	$\frac{1:1,5}{1:1,75}$

#### Примітки:

1. У знаменнику - значення пилюватих різновидів ґрунтів у дорожньо-кліматичних зонах II і III та однорозмірних дрібних пісків.
2. Висота укосу насипу визначається різницею відміток верхньої та нижньої бровок укосу; за наявності косогірності – різницею відміток верхньої та нижньої бровок низового укосу.

3. Найбільшу стрімкість укосів насипів із дрібних барханних пісків у районах із засушливим кліматом слід призначати такою, що то дорівнює 1:2 незалежно від висоти.

Стрімкість укосів насипів та виїмок визначають з урахуванням забезпечення їх стійкості, вимог безпеки руху і умов занесення дороги снігом та піском [П].

Для з'їзду автомобілів з дороги в аварійних випадках укосам низьких насипів доцільно надавати закладання від 1:3 до 1:6.

Найбільшу стрімкість укосів насипів, які відсипають із місцевих ґрунтів (при перевезенні на відстань до 0,5 м), для доріг I-II категорій при висоті насипів до 2 м слід приймати 1:4, для категорій IV, V при висоті насипів до 1 м - 1:3.

Виїмки глибиною до 1 м розкривають або розроблюють під насип, а глибиною 1-5 м - проєктують із пологими укосами (від 1:4 до 1:6). Для високих насипів та глибоких виїмок стрімкість укосів приймають за даними табл. 3.3 і 3.4.

Таблиця 3.4

Стрімкість укосів глибоких виїмок

Ґрунти	Висота укосу, м	Найбільша стрімкість укосів
Скельні: слабовивітрянвальні легковивітрянвальні не розм'якшені розм'якшені	до 16	1:0,2
	до 6	1:0,5 - 1:1,5
	понад 6 до 12	1:1
		1:1,5 1:1-1:1,5
Крупноуламкові	до 12	1:1-1:1,5
Піщані, глинисті, однорідні твердої, напівтвердої та туго пластичної консистенції	до 12	1:1,5
Піски дрібні барханні	Понад 2	1:4
	Понад 2 до	1:2
Лес	до 12	1:0,1-1:0,5
		1:0,5 -1:1,5

Виїмки глибиною до 1 м для запобігання сніговим заносам необхідно проєктувати розкритими зі стрімкістю укосів від 1:5 до 1:10 або

розробленими під насип; виїмки глибиною 1-5 м - на снігозаносних ділянках зі стрімкими укосами (1:1,5 -1:2) і додатковими полицями або узбіччям з шириною щонайменше 4 м.

Об'єми земляних мас визначають за допомогою таблиць по пікетах, кілометрах і всій дорозі в спеціальній відомості (дод. 2).

Якщо ширина земляного полотна відрізняється від прийнятої в табл. 2.6, при визначенні об'єму мас вводять поправку, м :

$$\Delta V = 0,5 (h_1 + h_2) (B_1 - B_2) l$$

де  $h_1, h_2$ - робочі відмітки двох суміжних точок поздовжнього профілю;  $B_1, B_2$  - ширина земляного полотна відповідно проектна і таблична;  $l$ - відстань між двома суміжним точкам.

Масштаб для поперечних профілів слід приймати 1:100. Проектування починають з викреслювання поперечного розрізу поверхні землі на даному пікеті (плюсова точка) за даними карти з горизонталями. На поперечному профілі обов'язково вказують (рис. 3.12): вісь земляного полотна, розміри земляного полотна, проїзної частини, узбіч; проектну відмітку бровки земляного полотна (червоним кольором); стрімкість укосів, бічні канави, резерви; банкет, кавальєри, нагірні канави; поперечний похил проїзної частини і узбіч.

#### 3.4. Детальне проектування відгону віражу

Віраж (односкатний поперечний профіль) влаштовують на кривих малого радіуса (менше 2000 м) для забезпечення стійкості автомобіля під час його руху по зовнішній смузі.

Оскільки відгін віражу суміщають із перехідною кривою, детальне проектування виконують у такій послідовності.

Визначають елементи перехідної кривої (параметр, зрушення, повний тангенс і координати кінця перехідної кривої), використовуючи таблиці, наведеш в [6]. Для цього спочатку знаходять співвідношення  $1/R$

(а  
я

к, В

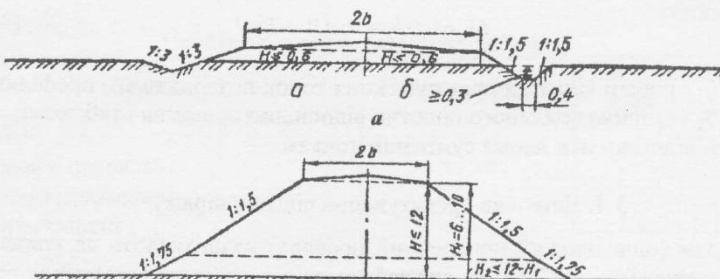


Рис. 3.13 Поперечні профілі земляного полотна: *a* - насип висотою до 0,6м; *б* - насип висотою до 12м; *в* - насип на косогорі з похилом від 20% до 50%; *г* - розкрита виїмка до 1м; *д*- мілка виїмка розроблена під насип, глибиною до 1м; *е* - виїмка на косогорі. інших елементів. Дане значення в графі для кожного елемента перемножують на радіус *R*.

Виконують горизонтальну прив'язку відгону віражу. Оскільки перехідна крива займає приблизно половину своєї довжини за рахунок кругової кривої, друга її половина розташовується за рахунок прямої вставки. Тому для отримання пікетажного положення початку відгону віражу необхідно від пікетажного положення початку кругової кривої відняти половину довжини перехідної кривої.

Щоб визначити точніше положення початку перехідної кривої, використовують таблиці, наведено в [6; 8].

Для обчислення координат перехідної кривої користуються [2, табл. VIII]. Для цього перехідну криву розбивають на ділянки по 10...20 м, визначають координати і результати зводять у табл. 3.5.

Таблиця 3.5

	10	20	30	40	50	60	70	80	90
X	8								
У	0,0011								

Для перехідної кривої довжиною  $l = 90$  м та радіуса кругової кривої в її кінці  $R = 1000$  м знаходять параметр

$$A = \sqrt{LR} = \sqrt{90 \cdot 1000} = 300.$$

Оскільки значення  $R$  має дорівнювати 10 м або бути близьким до цього, потрібно визначити, яке число у відповідній графі [2, табл. VIII] слід помножити на значення параметра, щоб здобути 10 м, тобто  $X \cdot 300 = 10$ . Звідси  $X = 10/300 = 0,038$ .

Найближче до цього знаходиться значення 0,03, відповідно  $l = 0,03 \cdot 300 = 9$ ;  $X = 0,03 \cdot 300 = 9$ ;  $У = 0,000004 \cdot 300 = 0,0012$  і т.д.

Для зручності розбивки відгону віражу доцільно попередньо вибрати характерні поперечники:

I - двоскатний профіль, в якому поперечні похили проїзної частини і узбіч однакові;

II - двоскатний профіль, в якому поперечний профіль зовнішньої смуги руху та узбіччя  $i = 0$ , а для внутрішньої смуги і узбіччя дорівнює похилу першого поперечника;

III - односкатний профіль, в якому поперечні похили проїзної частини та узбіч дорівнюють похилу внутрішньої смуги руху першого поперечника;

IV - один-два проміжних односкатних профілі, в яких поперечні похили проїзної частини та узбіч менші від похилу віражу;

V - односкатний профіль, в якому поперечний похил проїзної частини та узбіч дорівнює похилу віражу.

Пикетажне положення цих поперечників визначають аналітично так, як показано на рис. 3.14, починаючи з побудови вертикальної проекції відгону віражу (права частина рис. 3.14). Масштаб креслення вибирають довільним, але таким, щоб креслення помістилося на аркуші формату A2.

Перехід від двоскатного профілю (поперечник I) до односкатного на віражі (поперечник V) виконують обертанням зовнішньої смуги проїзної частини навколо осі доти, поки не буде досягнуто похилу, що дорівнює поперечному похилу внутрішньої смуги проїзної частини (поперечник III).

Подальшого збільшення поперечного похилу досягають обертанням проїзної частини та зовнішнього узбіччя навколо внутрішньої кромки (крайки) проїзної частини (ділянка між поперечниками I і V). При цьому внутрішнє узбіччя дещо опуститься. Як бачимо, лише внутрішня кромка проїзної частини залишається в незмінному положенні, а зовнішня рівномірно піднімається (на кресленні це показано жирними місцями).

Отже, усі лінії, які лежать вище від внутрішньої кромки проїзної частини, розташовані від неї ліворуч, а внутрішня бровка земляного полотна, що лежить нижче від неї - праворуч. Перевищення зовнішньої кромки проїзної частини над внутрішнього визначається відрізком  $CB$  на поперечнику V, відрізком  $ED$  на поперечнику IV і т.д. для забезпечення рівномірного підняття зовнішньої кромки проїзної частини, тобто плавного переходу двоскатного поперечного профілю в односкатний, необхідно правильно розмістити характерні поперечники. Для цього при відомих ширині проїзної частини, похилі віражу, довжині перехідної кривої і похилі проїзної частини при двоскатному поперечному профілі визначають перевищення зовнішньої кромки проїзної частини над внутрішньою. Потім, складаючи пропорцію, визначають відстань від початку відгону віражу до відповідного поперечника.

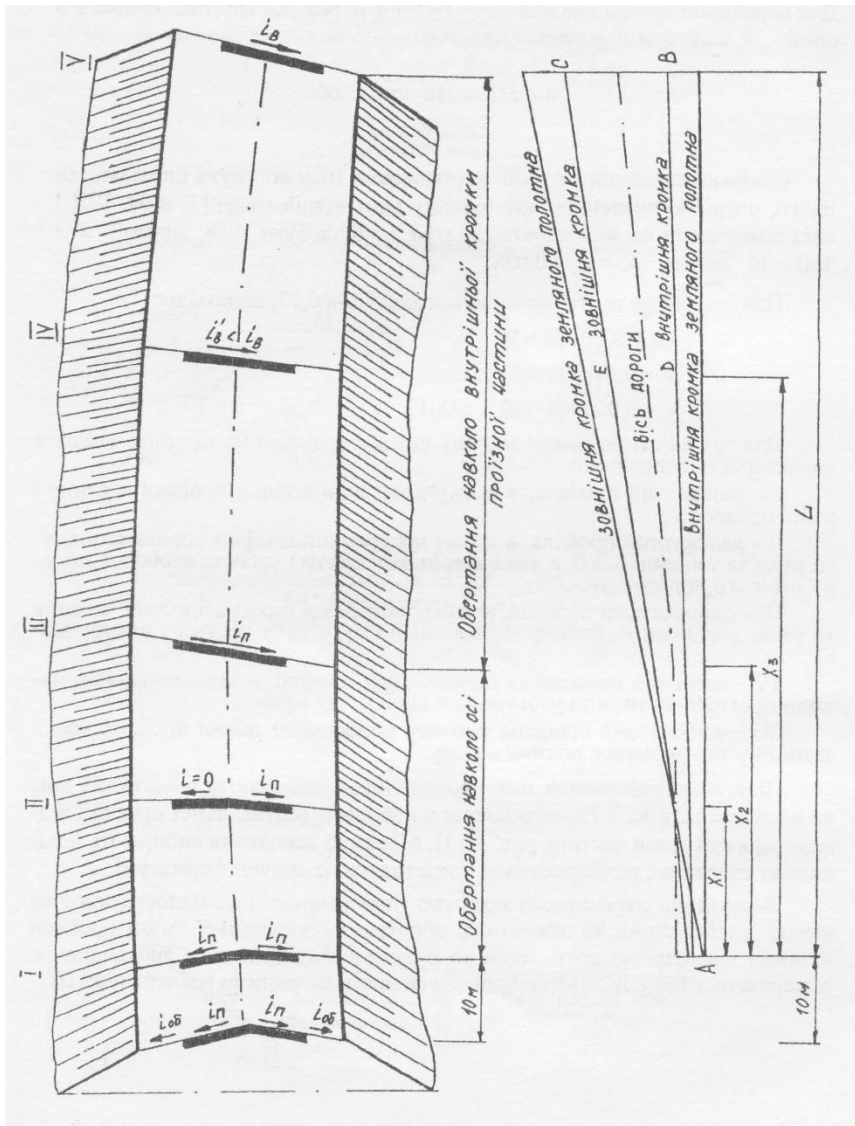


Рис 3.13 Схема розбивки відгону віражу



Приклад. Ширина проїзної частини  $B = 7,0$  м; похил віражу  $i = 0,06$ ; довжина перехідної кривої  $L = 90$  м; похил проїзної частини при двоскатному профілі  $i = 0,015$ . Визначити, на якій відстані від початку відгону віражу розміщуватимуться поперечник з  $i = 0,040$  і поперечник із похилом на зовнішній смузі руху  $i = 0$ .

Розв'язання.

Перевищення зовнішньої кромки проїзної частини в кінці відгону віражу (відрізок  $BC$ ) становить  $7 \cdot 0,6 = 0,42$  м.

Перевищення зовнішньої кромки проїзної частини в точці, де  $i = 0,040$  (поперечник  $IV$ , відрізок  $ED$ ), становить  $7 \cdot 0,40 = 0,28$  м. Положення поперечника  $IV$  визначають із пропорції

$$0,42 : L = 0,28 : X_3;$$

$$X_3 = \frac{L \cdot 0,28}{0,42} = \frac{90 \cdot 0,28}{0,42} = 60 \text{ м.}$$

У точці, де похил зовнішньої смуга  $i = 0$ , перевищення зовнішньої кромки проїзної частини над внутрішньою визначають множенням половини ширини проїзної частини на похил внутрішньої смуги, оскільки смуга піднялася саме на величину з врахуванням цього похилу:

$$\frac{70}{2} \cdot 0,015 = 0,05 \text{ м.}$$

Положення поперечника  $II$  знаходять із пропорції  $0,42 : L = 0,05 : X_1$ ,

$$X_1 = \frac{L \cdot 0,05}{0,42} = \frac{90 \cdot 0,05}{0,42} = 11,25 \text{ м.}$$

На відстані 10 м до початку відгону віражу узбіччя приймають похил, який дорівнює похилу проїзної частини.

Виконують висотну прив'язку відгону віражу, тобто визначають перевищення зовнішньої бровки земляного полотна і кромки проїзної частини відносно внутрішньої. Вихідною є відмітка внутрішньої бровки

земляного полотна на початку відгона віража, яку отримують із поздовжнього профіля.

## 4. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

### 4.1. Основна література

1. Державні будівельні норми України "Автомобільні дороги" ДБН В.2.3-4-2000; Держбуд України - К.2000.-117 с.
2. *Андреев Ю.В.* Справочник инженера-дорожника. - М.: Транспорт, 1977. - 599 с.
3. *Бортницкий И.И., Задорожный В.И.* Тягово-скоростные качества автомобилей. - К. Вища шк., 1976. -176 с.
4. Краткий автомобильный справочник, - М.: Транспорт, 1979. - 464 с.
5. *Білятинський О.А., Заворицький В.Й., Старовойда В.П., Хомяк Я.В.* Проектування автомобільних доріг. Частина 1. - К. Вища школа, 1997. -518 с.
6. *Замахаев М.С.* Переходные кривые на автомобильных дорогах. - М.: Транспорт, 1965. -114 с.
7. Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах / *Н.М.Антонов, И.А.Боровков и др.* - М.: Транспорт, 1968. - 240с.
8. *Ксенодохов В.И.* Таблицы для проектирования и разбивки клотоидной трассы автомобильных дорог. - М.: Транспорт, 1969. - 296 с.
9. *Хом'як Я.В.* Проектування дорожніх покриттів. - К.; Вища шк., 1960. - 107 с.
10. ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. - М.: Транспорт, 1985. -157 с.
11. *Шилов П.И., Федоров В.И.* Инженерная геодезия и аэрогеодезия. - М.: Недра, 1971.-384 с.
12. *Митин Н.А.* Таблицы для разбивки кривых на автомобильных дорогах, -М.: Недра, 1971.-320 с.
13. *Митин Н.А.* Таблицы для подсчета объемов земляного полотна автомобильных дорог. - М.: Транспорт, 1967. - 542 с.
14. Условные знаки топографических планов масштабов 1:1000; 1:2000; 1:10000; 1:500. - М: Геодезиздат, 1972. -144 с.
15. *Белятинський А.О., Рахуба О.І., Цибенко Ю.А.* Методичні вказівки до виконання курсового проекту автомобільної дороги для студентів заочної форми навчання зі спеціальності 7.092106 "Автомобільні дороги та аеродроми". К.: УТУ, 1999 – 56с.

16. *Бигич Б.К.* Методические указания к курсовому проекту по основам проектирования автомобильных дорог для самостоятельной работы студентов специальности 2910 всех форм обучения. К.: КАДИ, 1989.– 44с.+ 1 вкл.

17. *Дзюба П.П., Хом'як А.Я.* Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Вишукування та проектування шляхів сполучення” для студентів спеціальності 7.092105 “Автомобільні дороги та аеродроми”. К.: УТУ, 1998 – 72с.

18. *Старовойда В.П., Дзюба П.П., Пальчик А.М.* Лабораторний практикум з дисциплін кафедри проектування доріг для студентів спеціальностей 07.08, 24.01, 24.04 очної та заочної форм навчання. –К.: УТУ, 1994.- 44с.

#### 4.2. Додаткова література

1. *Білятинський О.А.* Російсько-український словник автодорожника. К.: „Вища школа”, 1999 – 235с.

2. ДБН В.2.3-4-2000. Автомобільні дороги.- К.: Держбуд України, 2000.- 117с.

3. *Красильщиков И.М., Елизаров Л.В.* Проектирование автомобильных дорог.И.: "Транспорт", 1986 - 214 с.

4. *Митин Н.Д.* Таблицы для подсчёта объёмов земляного полотна автомобильных дорог. М.: "Транспорт", 1977. - 544 с.

5. *Орнатский Н.П.* Автомобильные дороги и охрана природы. М.: Транспорт, 1982 - 176 с.

ДОДАТКИ

Відомість кутів повороту, прямих і кривих

Номери кутів створення	Кут повороту	Вершина кута	Криві						Прями							
			Елемент, м			Положення			Довжина, м		Напрямы					
			Радіус	Тангенс	Кривавина	Бісектриса	Домір	Початок ПК	Кінець ПК	Прямавставка	Відстань між розмінами	Дирекційний кут $\alpha^0$	Румб $\rho^0$			
Н.тр																
1	Лівий	Правий	0	31,16	60,42	4,74	1,91	1	43,20	2	03,62	143,20	174,36	171°15'	ПдСх:8°45'	
2	Лівий	Правий	+	100	50,63	97,65	8,31	3,60	4	82,24	5	79,89	278,62	360,42	205°52'	ПівЗх:25°52'
К.тр	Лівий	Правий	+	150	50,63	97,65	8,31	3,60	4	82,24	5	79,89	278,62	360,42	205°52'	ПівЗх:25°52'
Σ	Лівий	Правий	0	81,79	158,07			5,51				686,93	850,51	168°34'	ПдСх:11°26'	

КОНТРОЛЬ: 1)  $\sum \Theta - \sum \Theta' = \alpha_n - \alpha_n = r_n - r_k = -2^0 41'$ ;  
 2)  $\sum 2T - \sum K = \sum D = 163,58 - 158,07 = 5,51$ ;  
 3)  $\sum P + \sum K = \sum S - \sum D = 686,93 + 158,07 = 850,51 - 5,51 = 845$

Додаток 2

Відомість розрахунку об'ємів земляних робіт

Кілометр	ПК	+	Робочі відмітки, м		Сума робочих відміток, м		Відстань, м		Об'єм, м	
			Насипу	Виймки	Насипу	Виймки	Насипу	Виймки	Насипу	Виймки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Виконав:

Первірив:

Технічні характеристики автомобілів

Назва характеристики	Легковий автомобіль						Автовбус						Вантажний автомобіль											
	3А3-968	ВА3-2101	ВА3-2103	ВА3-2106	ВА3-21011	Москвич-412 ПБ	ГАЗ-24	ГАЗ-13 "Чайка"	ЗИЛ-11	ЛАЗ-697Н	ЛАЗ-672	ЛАЗ-699Н	ГАЗ-53-А	ГАЗ-66-01	ГАЗ-93А	ЗИЛ-130	ЗИЛ-555	МАЗ-200	МАЗ-500А	КАМАЗ-5320	КАМАЗ-5410	КАМАЗ-5511	БелАЗ-540А	КрАЗ-2566
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Вантаж з повним вантажем, водієм і пасажирами, кг	1410	1355	1450	1450	1355	1445	1820	2625	3610	7825	11425	2640	7400	5800	5400	9525	13625	4825	15305	15125	18920	48000	23165	
Потужність двигуна, к.с.	40	64	77	80	69	75	96	300	200	115	150	180	115	70	70	150	150	100	180	210	210	210	360	240
Максимальний крутний момент, кгс	7,6	8,9	10,8	12,5	9,6	11,4	19,0	57	45	29	41	47	29	20,5	20,5	41	41	47	68	65	65	65	136	90
Максимальна частота обертання колінчастого вала, хв <sup>-1</sup>	4400	5600	5600	5200	5600	5600	4500	4400	4200	3200	3200	3200	3200	3200	2800	3200	3200	2000	2100	2600	2600	2600	2150	2100
Вантажопідйомність, кг												4000	2000	2350	5000	4500	7000	8000	8000	8000	10000	27000	12000	
Вантажні розміри, мм																								
довжина	3730	4073	4116	4090	4043	4120	4735	6305	6190	7150	9190	10540	6395	5655	5240	6675	5475	7620	7170	7395	6140	7100	7250	8100
ширина	1570	1611	1611	1611	1611	1550	1820	2068	2040	2440	2500	2380	2822	2090	2500	2420	2650	2560	2496	2480	2500	3480	2640	
висота	1400	1440	1440	1440	1440	1480	1480	1540	1645	2952	2900	3090	2220	2440	2130	2460	2510	2430	2640	3370	2830	2700	3580	2730
Ширина колії, мм	2160	2424	2424	2424	2424	2400	2800	3880	3760	3600	4190	5545	3700	3300	3300	3800	3800	4520	3950	3190	2840	2840	3350	1080
перерісної здійної	1220	1349	1365	1349	1247	1470	1603	1570	1940	2116	2100	1630	1800	1750	1650	1790	1740	1920	1865	1850	2010	2010	2820	1950
здійної	1200	1305	1321	1321	1305	1237	1420	1663	1650	1690	1850	2100	1690	1750	1650	1790	1740	1920	1865	1850	2010	2010	2820	1920

Продовження табл. додаток 3

12	3	4	5	6	7	в	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	74	35	26	
Передаточне чи-сло																									
Головної пере-дачі	4,125	4,30	4,10	4,10	4,30	4,22	4,10	3,54	3,54	6,83	7,52	7,52	6,83	6,83	6,67	6,32	6,45	6,21	7,24	7,22	7,22	7,22	3,166	8,21	
Коробки передач																									
I	3,80	3,75	3,75	3,242	3,75	3,49	3,50	2,02	1,72	6,55	7,44	6,17	6,55	6,55	6,40	7,44	7,44	6,17	5,26	7,82	7,82	7,82	7,82	2,46	5,26
II	2,12	2,30	2,30	1,989	2,30	2,04	2,26	1,42	1,00	3,09	4,10	3,40	3,09	3,09	3,09	4,10	4,10	3,40	2,90	4,03	4,03	4,03	1,43	2,90	
III	1,409	1,49	1,49	1,289	1,49	1,33	1,45	1,00	-	1,71	2,29	1,79	1,71	1,71	1,69	2,29	2,29	1,79	1,52	2,50	2,50	2,50	2,50	0,70	1,52
IV	0,964	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-	1,00	1,47	1,00	1,00	1,00	1,00	1,47	1,47	1,00	1,00	1,53	1,53	1,53	1,53	-	1,00
V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,78	-	-	-	1,00	1,00	0,78	0,65	1,00	1,00	1,00	1,00	-	0,664
Радиус кочення	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,31	0,30	0,35	0,39	0,44	0,50	0,50	0,46	0,47	0,44	0,48	0,48	0,53	0,53	0,46	0,46	0,46	0,46	0,76	0,51
Механічний ККД	0,92	0,98	0,92	0,92	0,92	0,98	0,92	0,92	0,92	0,90	0,84	0,64	0,90	0,85	0,90	0,84	0,84	0,84	0,84	0,90	0,90	0,90	0,84	0,84	
Відстань від за-дньої осі до пе-реднього буфера автомобіля, мм	2840	4740	3052	3039	3012	3075	3556	4195	4707	4800	6260	7616	4566	4339	4175	4875	4375	5487	5150	5745	5395	5395	5330	6485	
Максимальна швидкість руху, км/год	116	140	150	152	140	140	145	160	170	80	80	96	80	90	70	90	90	65	85	80	80	80	80	55	68

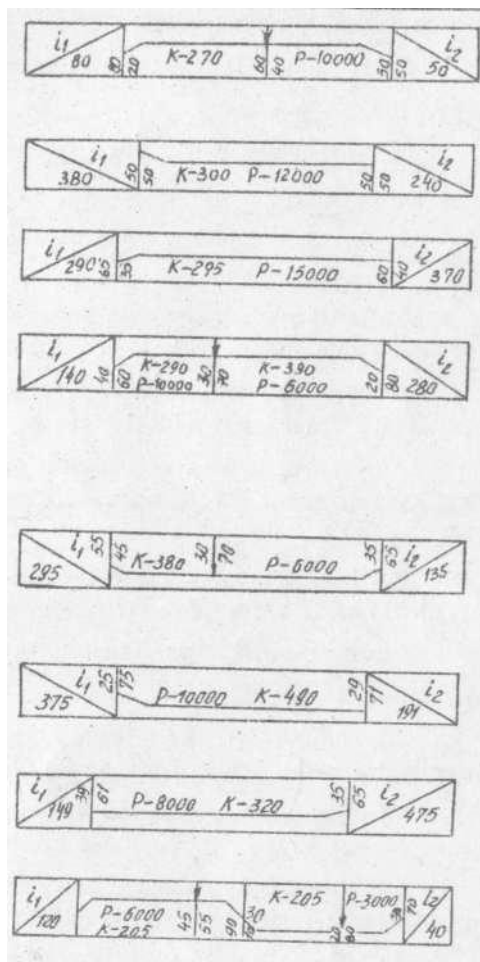
Додаток 4

Розгорнутий план траси		1	20	
Тип місцевості за зволоженням		2	5	
Проектні дані	Тип поперечного профілю	3	5	
	Лівий кювет	Укріплення	4	5
		Похил, ‰	5	10
		Довжина, м		
	Відмітка дна	6	5	15
	Правий кювет	Укріплення	7	5
		Похил, ‰	8	10
		Довжина, м		
	Відмітка дна	9	5	15
	Похил і вертикальна крива		10	10
Відмітка бровки земляного полотна		11	15	
Фактичні дані	Відмітка землі, м	12	15	
	Відстань, м	13	10	
Пікети прями та криві в плані Кілометри		14	5	
			10	
			20	
10	25	40		
		75		
			175	



Додаток 5

- 1 Випукла вертикальна крива з висхідною і низхідною гілками
- 2 Випукла крива з низхідною гілкою
- 3 Випукла крива з висхідною гілкою
- 4 Сполучення випуклої вер-икальної кривої радіуса  $R = 10000$  м та випуклої кривої радіуса  $R = 6000$  м
- 5 Угнута вертикальна крива з низхідною та висхідною гілками
- 6 Угнута крива з низхідною гілкою
- 7 Угнута крива з висхідною гілкою.
- 8 Перехід випуклої кривої радіуса  $R = 6000$  м в угнуту криву радіуса  $R = 3000$  м на похилі  $i = 30\%$



Підписано до друку 01.02.2006 р. Формат 60x90/16.  
Папір офсетний №1. Гарнітура Times. Тираж 500. Зам.1195.

Редакційно-видавничий відділ НАУ  
03058, Київ, пр.Космонавта Комарова, 1 тел. (044) 406 7289