

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ ІНСТИТУТ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Директор АДІ ДВНЗ «ДонНТУ»  
М.М. Чальцев  
12.04.2011 р.

Кафедра «Проектування доріг і штучних споруд»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ І ВИКОНАННЯ  
РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ НА ТЕМУ  
«РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДОРОГИ В ПЛАНІ І  
ПОЗДОВЖНЬОМУ ПРОФІЛІ»  
З ДИСЦИПЛІНИ «ЗАГАЛЬНИЙ КУРС ШЛЯХІВ СПОЛУЧЕННЯ»  
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМКУ ПІДГОТОВКИ 6.060101  
«БУДІВНИЦТВО»)**

**8/54-2011-02**

Рекомендовано:  
Навчально-методична комісія  
факультету «Автомобільні до-  
роги»  
Протокол № 6  
від 16 лютого 2011р.

Рекомендовано:  
Кафедра  
«Проектування доріг і  
штучних споруд»  
Протокол №13  
від 9 лютого 2011р.

УДК 625.72 (07)

Методичні вказівки до практичних занять і виконання розрахунково-графічної роботи на тему «Розрахунок елементів дороги у плані і поздовжньому профілі» з дисципліни «Загальний курс шляхів сполучення» (для студентів напрямку підготовки 6.060101 «Будівництво») [Електронний ресурс] / укладачі: Б.І.Піндус, В.М.Бушева, Г.М.Плужник. Електронні дані – Горлівка: ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ, 2014. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM): 12 см. – Системні вимоги: Pentium; 32 Мб RAM; WINDOWS 98/2000/NT/XP; MS Word 97-2000. – Назва з титульного екрану

У методичних вказівках наведено основні розрахункові залежності, деякі довідкові та нормативні матеріали для розв'язання конкретних задач з курсу, також наведено вихідні дані, теоретичні пояснення і порядок виконання розрахунково-графічної роботи, приклади розрахунку.

Укладачі:

Піндус Б.І., к.т.н., доц.  
Плужник Г.М.  
Бушева В.М.

Відповідальний за випуск:

Морозова Л.М., к.т.н., доц.

Рецензент:

Герасименко В.Г, к.т.н., доц.  
каф. «Будівництво та експлуатація  
автомобільних доріг»

© Державний вищий навчальний заклад  
«Донецький національний технічний університет»  
Автомобільно-дорожній інститут, 2014.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП .....   | 4  |
| 1 ПОКАЗНИКИ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ .....   | 5  |
| 1.1 Теоретичні основи .....   | 5  |
| 1.2 Контрольні завдання за темою .....  | 8  |
| 2 РУХ АВТОМОБІЛЯ ПО ДОРОЗІ .....  | 10 |
| 2.1 Теоретичні основи .....   | 10 |
| 2.2 Контрольні завдання за темою .....  | 15 |
| 3 РОЗРАХУНОК КРИВИХ У ПЛАНІ .....   | 17 |
| 3.1 Теоретичні основи .....   | 17 |
| 3.2 Контрольні завдання за темою .....  | 20 |
| 4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДОРОГИ В ПОЗДОВЖНЬОМУ ТА<br>ПОПЕРЕЧНОМУ ПРОФІЛЯХ .....                                 | 22 |
| 4.1 Теоретичні основи .....   | 22 |
| 4.2 Контрольні завдання за темою .....  | 25 |
| 5 ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ ДОРОГИ .....  | 26 |
| 5.1 Теоретичні основи .....   | 26 |
| 5.2 Контрольні завдання за темою .....  | 28 |
| 6 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА НА ТЕМУ: «РОЗРАХУНОК<br>ЕЛЕМЕНТІВ ДОРОГИ У ПЛАНІ І ПОЗДОВЖНЬОМУ ПРОФІЛІ» ..... | 29 |
| 6.1 Розрахунок елементів дороги у плані .....   | 29 |
| 6.2 Розрахунок елементів дороги у поздовжньому профілі .....  | 30 |
| 6.3 Приклад розрахунку .....  | 31 |
| ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....   | 36 |
| ДОДАТОК А .....   | 37 |
| ДОДАТОК Б .....   | 38 |
| ДОДАТОК В .....   | 39 |

## ВСТУП

Дисципліна «Загальний курс шляхів сполучення» має за мету ознайомити майбутніх інженерів-будівельників з основними елементами автомобільних доріг, теоретичними основами руху автомобіля по прямолінійних та криволінійних ділянках в плані та поздовжньому профілі, з методикою розрахунків основних елементів плану та поздовжнього профілю, з режимами руху автомобілів та пропускною здатністю дороги.

Під час вивчення курсу та виконання розрахунково-графічної роботи вирішуються окремі питання розрахунку основних показників перевізного процесу, елементів плану та поздовжнього профілю, взаємодії автомобіля та дороги.

# 1 ПОКАЗНИКИ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

## 1.1 Теоретичні основи

Для вимірювання перевізної роботи автомобільного транспорту використовують ряд показників, основними з яких являються: об'єм перевезень (вантажонапруженість) та інтенсивність руху автомобілів. За цими показниками визначають категорію дороги. Вантажонапруженість перегону і інтенсивність руху пов'язані між собою залежністю

$$Q_{\hat{a}} = N_{\hat{a}} \cdot q_{\tilde{n}\delta} \cdot \gamma \cdot \beta \cdot \dot{O}_{\delta\hat{a}}, \quad (1.1)$$

де  $Q_{\hat{a}}$  – вантажонапруженість перегону, нетто т за рік;

$N_{\hat{a}}$  – середньодобова інтенсивність вантажних автомобілів, авт/доб;

$q_{cp}$  – середня вантажопідйомність автомобілів, т;

$\gamma$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобілів, 0,8-0,9;

$\beta$  – коефіцієнт використання пробігу автомобілів, 0,55-0,60;

$T_{роб}$  – розрахункове число днів роботи автомобільного транспорту на протязі року, 256 днів.

Середня вантажопідйомність автомобілів визначається з урахуванням складу потоку транспортних засобів за формулою

$$q_{\tilde{n}\delta} = q_1 \cdot \alpha_1 + q_2 \cdot \alpha_2 + \dots + q_n \cdot \alpha_n, \quad (1.2)$$

або

$$q_{c\delta} = \frac{q_1 \cdot p_1 + q_2 \cdot p_2 + \dots + q_n \cdot p_n}{100}, \quad (1.3)$$

де  $q_1, q_2, \dots, q_n$  – номінальна вантажопідйомність різних марок вантажних автомобілів, які входять до складу загального потоку руху, кН (табл.1.1);

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  – питома вага кожного з типів автомобілів, які входять до складу потоку, в долях одиниці;

$p_1, p_2, \dots, p_n$  – процентний склад кожного з типів автомобілів у складі загального потоку руху, % (табл.1.2).

Інтенсивність вантажного руху автомобілів, які виконують основний об'єм перевезень, визначають за формулою (1.4)

$$N_{\hat{a}} = \frac{Q_{\hat{a}}}{q_{\tilde{n}\delta} \cdot \gamma \cdot \beta \cdot \dot{O}_{\delta\hat{a}}}. \quad (1.4)$$

Таблиця 1.1 – Вантажопідйомність автомобілів

| Марка автомобіля          | Вантажопідйомність |      | Марка автомобіля | Вантажопідйомність |      |
|---------------------------|--------------------|------|------------------|--------------------|------|
|                           | кН                 | т    |                  | кН                 | т    |
| УАЗ-451                   | 10                 | 1,0  | ЗИЛ-130          | 60                 | 6,0  |
| ГАЗ-2752 “Соболь”         | 10                 | 1,0  | ЗИЛ-133 ГЯ       | 80                 | 8,0  |
| ГАЗ-2705 “Газель”         | 13,5               | 1,35 | КамАЗ-4326       | 80                 | 8,0  |
| FIAT Ducato FT 1502-5D    | 15                 | 1,8  | МАЗ-53362        | 100                | 10,0 |
| Volkswagen-LT 312, 5D     | 18                 | 1,8  | МАЗ-555102-2120  | 100                | 10,0 |
| IVECO Daily 50C13V        | 15                 | 1,5  | КамАЗ-53212      | 100                | 10,0 |
| ГАЗ-3307                  | 15                 | 1,5  | КамАЗ-55111      | 100                | 10,0 |
| Mersedes-BENZ-Vario       | 15                 | 1,5  | КамАЗ-5320       | 100                | 10,0 |
| FORD “Transit” FT 1502-5D | 25                 | 2,5  | МАЗ-630300-2121  | 127                | 12,7 |
| ЗИЛ-5301 “Бичок”          | 30                 | 3,0  | КрАЗ-6510        | 130                | 13,0 |
| ЗИЛ-433360                | 60                 | 6,0  | БелАЗ-548А       | 400                | 40,0 |

Таблиця 1.2 – Склад руху

| Марка автомобіля  | Кількість автомобілів, % |   |   |    |    |    |   |   |    |    |    |    |
|-------------------|--------------------------|---|---|----|----|----|---|---|----|----|----|----|
|                   | Варіант                  |   |   |    |    |    |   |   |    |    |    |    |
|                   | 1                        | 2 | 3 | 4  | 5  | 6  | 7 | 8 | 9  | 10 | 11 | 12 |
| 1                 | 2                        | 3 | 4 | 5  | 6  | 7  | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| УАЗ-451           | 10                       | - | 5 | -  | -  | 3  | 5 | 3 | 2  | -  | 4  | 6  |
| ГАЗ-2752 “Соболь” | 4                        | 5 | 6 | 10 | 15 | 10 | 5 | 5 | 10 | 5  | 6  | 4  |

Продовження табл. 1.2

| 1                         | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ГАЗ-2705 “Газель”         | -  | -  | -  | 10 | -  | 2  | 5  | 2  | -  | 3  | 10 | 2  |
| FIAT Ducato FT 1502-5D    | 5  | -  | -  | 10 | -  | 2  | 5  | 2  | -  | 3  | 5  | 8  |
| Volkswagen-LT 312, 5D     | -  | -  | 5  | 15 | 15 | 10 | 20 | 15 | 20 | 25 | 5  | 5  |
| IVECO Daily 50C13V        | 1  | 5  | -  | -  | 5  | 2  | -  | 3  | 3  | -  | 5  | 6  |
| ГАЗ-3307                  | 10 | -  | 5  | 3  | -  | 3  | -  | 2  | -  | -  | 5  | -  |
| Mersedes-BENZ-Vario       | 10 | 5  | -  | 2  | 5  | 2  | 5  | 3  | 5  | 5  | 10 | -  |
| FORD “Transit” FT 1502-5D | 15 | 10 | 4  | 5  | 10 | 5  | 10 | 5  | 5  | 5  | 10 | -  |
| ЗИЛ-5301 “Бичок”          | 5  | -  | 20 | 15 | 5  | 5  | 5  | 10 | 5  | 5  | 2  | 9  |
| ЗИЛ-433360                | 2  | 10 | 5  | -  | 5  | -  | -  | 2  | -  | -  | 2  | 10 |
| ЗИЛ-130                   | 4  | 10 | 30 | 20 | 15 | 15 | 20 | 10 | 15 | 15 | 2  | 25 |
| ЗИЛ-133 ГЯ                | -  | 15 | 10 | 5  | 15 | 10 | 5  | 20 | 20 | 15 | 2  | 5  |
| КамАЗ-4326                | -  | 20 | -  | 3  | -  | 10 | -  | 5  | -  | -  | 2  | 1  |
| МАЗ-53362                 | 2  | 3  | 3  | -  | 3  | 3  | 3  | 5  | 3  | 2  | 10 | 2  |
| МАЗ-555102-2120           | 2  | 5  | 2  | -  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 5  | 1  |
| КамАЗ-53212               | -  | 2  | -  | 1  | 2  | 2  | -  | 2  | -  | 2  | 5  | -  |
| КамАЗ-55111               | -  | 5  | -  | -  | 2  | -  | 3  | -  | -  | 10 | -  | 1  |
| КамАЗ-5320                | -  | -  | 5  | -  | -  | 2  | -  | 2  | -  | 2  | 5  | 3  |
| МАЗ-630300-2121           | 2  | -  | -  | -  | -  | 1  | -  | -  | 2  | 1  | 3  | 2  |
| КрАЗ-6510                 | -  | 5  | -  | 1  | -  | 1  | 1  | 1  | 8  | -  | 2  | -  |
| БелАЗ-548А                | -  | 5  | -  | -  | 1  | 10 | 11 | 1  | -  | -  | -  | 10 |

Перспективна інтенсивність руху визначається двома методами:

а) за лінійною залежністю

$$N_t = N_0 \cdot (1 + b \cdot t), \quad (1.5)$$

де  $N_t$  – інтенсивність руху в розрахунковий рік через  $t$  років, авт/доб;  
 $N_0$  – початкова інтенсивність руху, авт/доб;  
 $b$  – річний приріст інтенсивності руху в долях одиниці від початкової.  
 б) за складними процентами

$$N_t = N_0 \cdot (1 + b)^t, \quad (1.6)$$

де  $b$  – приріст інтенсивності руху в долях одиниці від інтенсивності в попередньому році.

## 1.2 Контрольні завдання за темою

У цьому розділі наводяться контрольні завдання за варіантами для закріплення знань студентів по викладеній темі.

Завдання 1. Визначити середню вантажопідйомність автомобілів у складі транспортного потоку, наведеного у табл.1.2.

Завдання 2. Визначити об'єм вантажних перевезень з інтенсивністю руху вантажних автомобілів, наведеною у табл.1.3. Склад руху прийняти з попереднього завдання.

Таблиця 1.3 – Інтенсивність руху вантажних автомобілів

| Варіант                       | 1   | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|-------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Інтенсивність руху, авт./доб. | 200 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 | 8000 |

Завдання 3. Визначити інтенсивність вантажного руху з річним об'ємом перевезень, наведеним у табл. 1.4. Необхідні дані прийняти з попередніх завдань.

Таблиця 1.4 – Об'єм перевезень

| Варіант                  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10  |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|
| Об'єм перевезень, тис. т | 150 | 300 | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 2000 | 5000 | 800 |

Завдання 4. Визначити перспективну інтенсивність руху з лінійним законом її збільшення і річним приростом інтенсивності, наведеним у табл.1.5. Інтенсивність у початковому році прийняти з табл.1.3. Розрахунковий рік



прийняти  $t=5, 10, 15, 20$  років.

Таблиця 1.5 – Річний приріст інтенсивності руху

| Варіант                       | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Приріст інтенсивності $b, \%$ | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 4 | 5 | 3 | 2 | 5  |

Завдання 1.5. Визначити перспективну інтенсивність руху з ростом її за складними процентами. Необхідні дані прийняти з попередніх завдань.

Завдання 1.6. Визначити інтенсивність руху на 5, 10, 15 рік по відомій інтенсивності через 20 років і закону її росту. Вихідні дані прийняти з табл.1.6 і попередніх завдань.

Таблиця 1.6 – Перспективна інтенсивність руху

| Варіант                          | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Інтенс. руху, $N_{20}$ , авт/доб | 3000 | 2500 | 2000 | 1000 | 1500 | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 | 1200 |

## 2 РУХ АВТОМОБІЛЯ ПО ДОРОЗІ

### 2.1 Теоретичні основи

Рух автомобіля по дорозі відбувається в результаті впливу на нього тягового зусилля, яке виробляється двигуном. Величина тягового зусилля визначається за формулою

$$P_p = 9,55 \frac{N_e \cdot i_k \cdot i_o}{n_e \cdot r_k} \cdot \eta, \quad (2.1)$$

де  $P_p$  – тягове зусилля, Н;

$N_e$  – потужність двигуна автомобіля, Вт, визначається за графіком (рис. 2.1) в залежності від частоти обертання колінчастого вала;

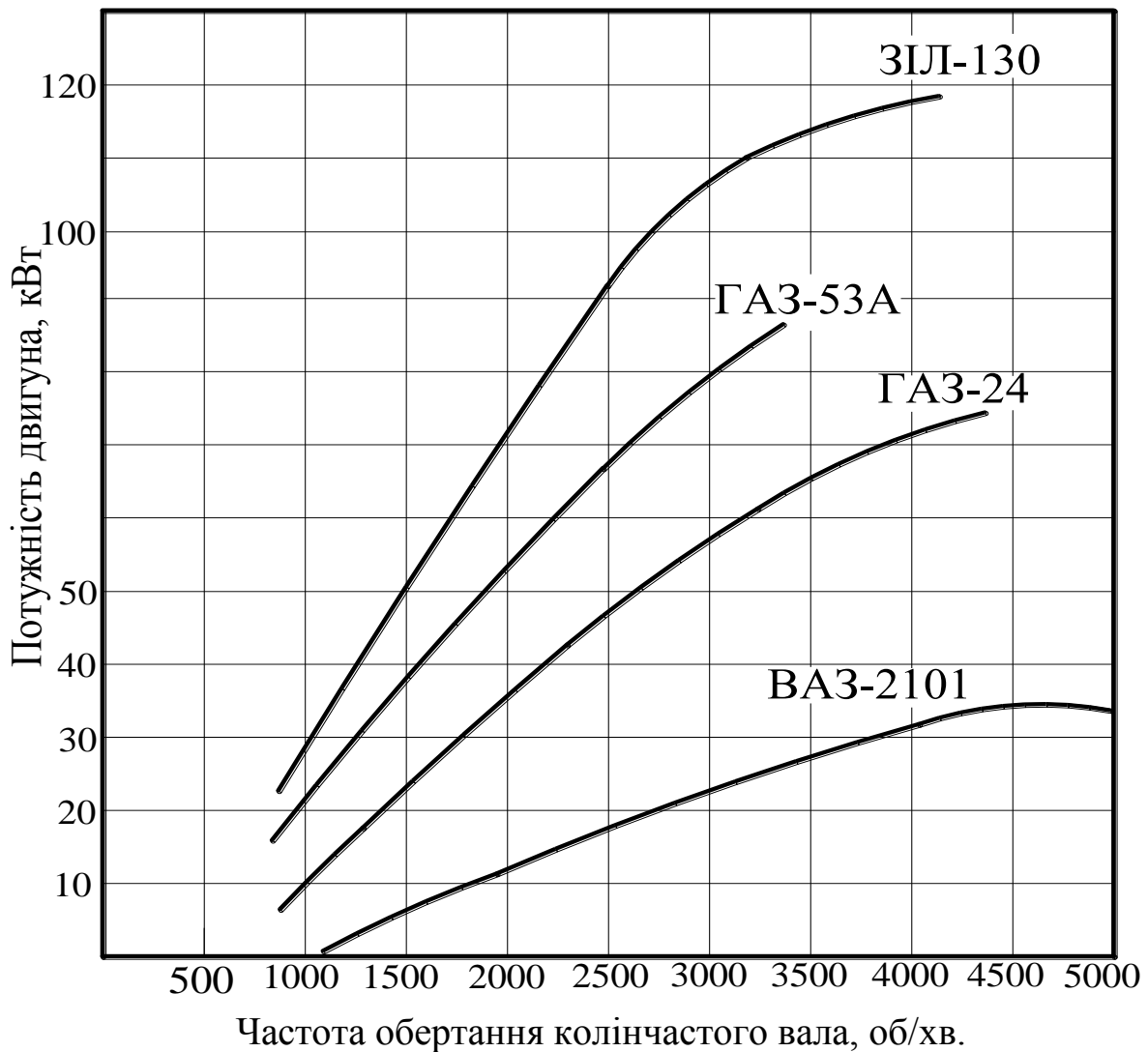


Рисунок 2.1 – Зовнішні швидкісні характеристики двигунів деяких автомобілів

$i_k$  – передаточне число коробки передач;

$i_o$  – передаточне число головної передачі;

$n_e$  – частота обертання колінчастого вала, об/хв;

$r_k$  – радіус кочення ведучих коліс, м;

$\eta$  – механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії автомобіля,  $\eta = 0,90$  – для вантажних автомобілів;  $\eta = 0,92$  – для легкових автомобілів.

Кожній частоті обертання колінчастого вала відповідає строго визначена швидкість руху автомобіля, яка визначається за формулою

$$V = 0,377 \cdot \frac{r_k \cdot n_e}{10^3 \cdot 60} \quad (2.2)$$

Тоді частота обертання колінчастого вала

$$i_e = \frac{V \cdot i_o \cdot i_k}{0,377 \cdot r_k}, \quad (2.3)$$

де  $V$  – швидкість руху автомобіля, км/год;

$i_o$  – передаточне число головної передачі;

$i_k$  – передаточне число коробки передач;

$r_k$  – радіус кочення ведучих коліс, м.

Радіус кочення ведучих коліс визначається за формулою:

$$r_k = \lambda \cdot r_o, \quad (2.4)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт деформації шини, для вантажних автомобілів  $\lambda = 0,95$ , для легкових –  $\lambda = 0,93$ ;

$r_o$  – радіус ведучих коліс, м (табл. 2.1).

Сила тяги, яку розвиває двигун на ведучих колесах автомобіля, витрачається на подолання сил опору руху: опір коченню (тертя коченню)  $P_f$ , опір руху на підйом  $P_i$ , опір повітря  $P_w$ , інерційні сили самого автомобіля та обертових мас під час нерівномірного руху  $P_j$ .

Сила опору коченню прямо пропорційна вазі автомобіля і визначається за формулою

$$P_f = G_{авт} \cdot f, \quad (2.5)$$

де  $G_{авт}$  – вага автомобіля (табл.2.1), Н (т);

$f$  – коефіцієнт опору коченню, залежить від типу покриття (табл.2.2).

Зі швидкістю руху більше 60 км/год коефіцієнт опору коченню визначається за залежністю

$$f_v = f_o \cdot (1 + 4,5 \cdot 10^{-5} \cdot V^2), \quad (2.6)$$

де  $f_o$  – коефіцієнт опору коченню зі швидкістю до 60 км/год.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики автомобілів

| Характеристика                      | Одиниці виміру                   | ГАЗ-24 | ВАЗ-2101 | ЗИЛ-130 | ГАЗ-53А |
|-------------------------------------|----------------------------------|--------|----------|---------|---------|
| 1                                   | 2                                | 3      | 4        | 5       | 6       |
| Вага з повним вантажем і пасажирями | кН                               | 18,25  | 13,55    | 95,25   | 74,00   |
| Зчіпна вага автомобіля              | кН                               | 9,40   | 7,40     | 61,50   | 55,90   |
| Габарити:                           |                                  |        |          |         |         |
| - довжина                           | мм                               | 4735   | 4073     | 6675    | 6395    |
| - ширина                            | мм                               | 1800   | 1611     | 2500    | 2380    |
| - висота                            | мм                               | 1490   | 1440     | 2335    | 2220    |
| Ширина колії:                       |                                  |        |          |         |         |
| - передньої                         | мм                               | 1470   | 1349     | 1800    | 1630    |
| - задньої                           | мм                               | 1450   | 1305     | 1790    | 1690    |
| Радіус ведучих коліс                | мм                               | 355    | 330      | 508     | 508     |
| Площа лобової поверхні              | м <sup>2</sup>                   | 2,0    | 1,75     | 4,10    | 3,70    |
| Коефіцієнт опору повітря            | Н с <sup>2</sup> /м <sup>4</sup> | 0,21   | 0,25     | 0,70    | 0,70    |
| Коефіцієнт корисної дії трансмісії  |                                  | 0,92   | 0,90     | 0,85    | 0,90    |
| Передаточне число головної передачі |                                  | 4,10   | 4,30     | 6,32    | 6,83    |
| Передаточне число коробки передач:  |                                  |        |          |         |         |
| - 1                                 |                                  | 3,50   | 3,75     | 7,44    | 6,56    |
| - 2                                 |                                  | 2,26   | 2,30     | 4,10    | 309     |
| - 3                                 |                                  | 1,45   | 1,49     | 2,29    | 1,71    |
| - 4                                 |                                  | 1,00   | 1,00     | 1,47    | 1,00    |
| - 5                                 |                                  | -      | -        | 1,00    | -       |

Продовження табл. 2.1

| 1   | 2      | 3      | 4      | 5     | 6     |
|---|--------|--------|--------|-------|-------|
| Межа можливого змінювання швидкості<br>(мінімум/максимум) | км/год |        |        |       |       |
| - 1   |        | 0/42   | 0/38   | 0/12  | 0/12  |
| - 2   |        | 13/65  | 11/60  | 7/22  | 8/26  |
| - 3   |        | 20/100 | 16/95  | 12/38 | 15/47 |
| - 4   |        | 30/145 | 24/140 | 20/60 | 25/85 |
| - 5   |        | -      | -      | 28/90 | -     |

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт опору коченню

| Тип покриття                                      | Коефіцієнт опору коченню |
|---|--------------------------|
| Цементобетон і асфальтобетон                      | 0,01 – 0,02              |
| Щебінь і гравій, оброблені органічним в'язучим    | 0,02 – 0,025             |
| Щебінь і гравій, не оброблені органічним в'язучим | 0,03 – 0,04              |
| Булижна мостова                                   | 0,04 – 0,05              |
| Ґрунтова дорога, рівна, суха і щільна             | 0,03 – 0,06              |

Опір руху на підйом  $P_i$  визначається за формулою

$$P_z = G_{\text{ааа}} \cdot i^3, \quad (2.7)$$

де  $i$  – поздовжній похил в десятинній дробі.

Сила опору повітря руху визначається за формулою аеродинаміки

$$P_{\omega} = \frac{k_{\omega} \cdot \omega \cdot V^2}{13}, \quad (2.8)$$

де  $k_{\omega}$  – коефіцієнт опору повітря (табл.2.1), н см<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;

$\omega$  – площа лобової поверхні автомобіля (табл.2.1), м<sup>2</sup>;

$V$  – швидкість руху автомобіля, км/год.

Сила опору інерції визначається за залежністю

$$P_j = \frac{G_{\text{ааа}}}{g} \cdot \frac{dV}{dt} = G_{\text{ааа}} \cdot j, \quad (2.9)$$

де  $\frac{dV}{dt}$  – прискорення автомобіля, м/с<sup>2</sup>;

$j = \frac{1}{g} \cdot \frac{dV}{dt}$  – відносне прискорення.

Динамічні якості автомобіля характеризуються динамічним фактором  $D$  – різницею між повною силою тяги на ведучі колеса і опором повітряного середовища, віднесеної до одиниці ваги автомобіля, визначається за формулою

$$D = \frac{P_p - P_w}{G_{\text{авт}}}, \quad (2.10)$$

де  $P_p$  – сила тяги автомобіля, н;

$P_w$  – сила опору повітряного середовища руху автомобіля, н;

$G_{\text{авт}}$  – вага автомобіля, н.

Динамічний фактор характеризує запас тягового зусилля на одиницю ваги автомобіля, який рухається зі швидкістю  $V$ , який може бути витрачений на подолання дорожніх опорів і на прискорення автомобіля, таким чином

$$D = f \pm j. \quad (2.11)$$

Динамічний фактор по тяговому зусиллю не повинен перевищувати динамічний фактор по зчепленню

$$D < D_{\zeta}. \quad (2.12)$$

Динамічний фактор по зчепленню визначається за формулою

$$D_{\zeta} = \varphi \cdot \frac{G_{\zeta}}{G_{\text{авт}}} - \frac{P_w}{G_{\text{авт}}}, \quad (2.13)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля з покриттям, залежить від стану покриття (табл. 2.3);

$G_{\zeta}$  – зчіпна вага автомобіля (табл. 2.1), кН.

За відомим динамічним фактором (2.10) можна визначити максимальний поздовжній похил, який подолає автомобіль у випадку рівномірного руху. У цьому випадку  $j = 0$  і за формулою (2.14) максимальний поздовжній похил

$$i_{\text{max}} = D - f. \quad (2.14)$$

Важливою характеристикою безпеки руху автомобіля є довжина ділянки шляху, на якому водій зупинить автомобіль, який рухається з розрахунковою швидкістю – шлях гальмування.

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт зчеплення

| Стан покриття | Коефіцієнт зчеплення |
|---------------|----------------------|
| Сухе шорстке  | 0,7 і більше         |
| Сухе гладке   | 0,6                  |
| Вологе        | 0,5                  |
| Мокре         | 0,4 – 0,3            |
| Брудне        | 0,3 – 0,2            |
| Зледеніле     | 0,1 – 0,05           |

Розрахунковий шлях гальмування визначається за формулою

$$S_{\text{гальм}} = \frac{V}{3,6} + \frac{k_e \cdot V^2}{254(\varphi \pm z + f)} + l_{\text{з.б.}}, \quad (2.15)$$

де  $V$  – швидкість руху, км/год;

$k_e$  – коефіцієнт ефективності гальм, приймаємо для легкових автомобілів – 1,2; для вантажних – 1,3 – 1,4;

$l_{\text{з.б.}}$  – зазор безпеки між автомобілями, що зупинилися, приймається 5м.

## 2.2 Контрольні завдання за темою

Завдання 2.1 Визначити частоту обертання колінчастого вала двигуна автомобіля ГАЗ-53А у разі руху зі швидкістю 10, 20, 30, 40,50, 60, 70, 80км/год.

Завдання 2.2 Визначити частоту обертання колінчастого вала двигуна автомобіля ГАЗ-24 і ВАЗ-2101 у разі руху зі швидкістю 20, 40, 60, 70, 80, 100, 120, 140 км/год.

Завдання 2.3 Визначити потужність двигуна автомобіля ГАЗ-53А, ГАЗ-24 і ЗИЛ-130 у разі руху зі швидкістю 20, 40, 60, 80км/год.

Завдання 2.4 Визначити тягове зусилля автомобіля ЗИЛ-130 у разі руху зі швидкістю 20, 30,40,50, 60, 70, 80, 90 км/год на відповідній передачі.

Завдання 2.5 Визначити тягове зусилля автомобіля ГАЗ-24 і ВАЗ-2101 у разі руху зі швидкістю 60, 80, 100, 120, 140 км/год на відповідній передачі.

Завдання 2.6 Визначити силу опору коченню автомобілів ГАЗ-24 і ВАЗ-2101 у разі руху зі швидкістю 40, 60, 80, 100, 120, 140 км/год на дорогах з різним типом покриття (табл.2.2).

Завдання 2.7 Визначити силу опору повітря автомобілів ГАЗ-24 і ВАЗ-2101 у разі руху зі швидкістю 60, 80, 100, 120, 140 км/год.

Завдання 2.8 Визначити силу опору руху на підйом автомобілів ГАЗ-24, ВАЗ-2101, ЗИЛ-130, ГАЗ-53А з уклоном на підйом 0,020, 0,030, 0,040, 0,060.

Завдання 2.9 Визначити силу опору інерції у разі руху автомобілів ГАЗ-24 і ЗИЛ-130 рівноприскорено з прискоренням 0,25; 0,50; 0,75; 1,00м/с<sup>2</sup>.

Завдання 2.10 Визначити динамічний фактор автомобілів ГАЗ-53А і ЗИЛ-130 у разі руху зі швидкістю 20, 40, 60, 80км/год.

Завдання 2.11 Визначити динамічний фактор автомобілів ГАЗ-24 і ВАЗ-2101 у разі руху зі швидкістю 60, 80, 100, 120, 140км/год.

Завдання 2.12 Визначити динамічний фактор по зчепленню з різним станом покриття (табл.2.3) для умов завдання 2.10 і 2.11.

Завдання 2.13 Визначити максимальний поздовжній похил, який долають автомобілі ГАЗ-24 і ВАЗ-2101 у разі руху зі швидкістю 60, 80, 100, 120, 140км/год на дорозі з різним типом покриття.

Завдання 2.14 Визначити максимальний поздовжній похил, який долають автомобілі ГАЗ-53А і ЗИЛ-130 у разі руху зі швидкістю 20, 40, 60, 80км/год на дорозі з різним типом покриття.

Завдання 2.15 Визначити розрахунковий шлях гальмування легкових автомобілів ГАЗ-24 і ВАЗ-2101 у разі руху зі швидкістю 60, 80, 100, 120, 140км/год на горизонтальній ділянці; на підйом з похилом 0,010, 0,020, 0,030, 0,040, 0,050; на спуск з похилом -0,010, -0,020, -0,030, -0,040, -0,050 по сухому жорсткому асфальтобетонному покриттю, по сухому гладкому асфальтобетонному покриттю.

Завдання 2.16 Визначити розрахунковий шлях гальмування вантажних автомобілів ГАЗ-53А і ЗИЛ-130 у разі руху зі швидкістю 20, 40, 60, 80км/год на горизонтальній ділянці; на підйом з похилом 0,010, 0,020, 0,030, 0,040, 0,050; на спуск з похилом -0,010, -0,020, -0,030, -0,040, -0,050 по сухому гладкому асфальтобетонному покриттю і буличній мостовій.



### 3 РОЗРАХУНОК КРИВИХ У ПЛАНІ

#### 3.1 Теоретичні основи

Основними елементами кривих у плані являються: радіус кривої (R), тангенс (Т), крива (К), бісектриса (Б) (рис.3.1) і домір (Д).

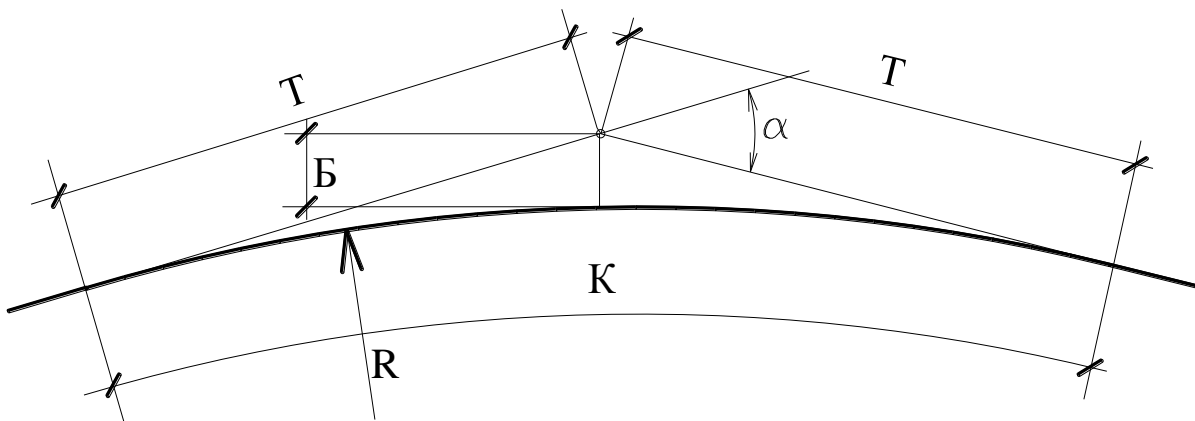


Рисунок 3.1 – Елементи кривих у плані

Мінімальний радіус кривої у плані визначається за формулою

$$R = \frac{V^2}{127(\mu \pm i_a)}, \quad (3.1)$$

де  $V$  – розрахункова швидкість руху по дорозі, км/год;

$\mu$  – коефіцієнт поперечної сили, приймається:

0,65 – за умови стійкості проти перекидання;

0,36 – за умови стійкості проти заносу;

0,15 – за умови зручності поїздки для пасажирів;

0,10 – за умови економічності експлуатації автомобіля;

$i_g$  – похил віражу, приймається 0,030 – 0,060.

Величина радіуса визначається також за умови видимості у нічний час за формулою

$$R = \frac{30 \cdot S}{\alpha}, \quad (3.2)$$

де  $\alpha$  – кут розсіювання світла фар, приймається рівним  $2^\circ$ ;

$S$  – відстань видимості, що дорівнює розрахунковому шляху гальмування і визначається за формулою (2.11).

Значення характерних елементів закруглення в плані визначаються за формулами:

$$\dot{O} = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (3.3)$$

$$K = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha^\circ}{180}, \quad (3.4)$$

$$A = R \cdot \left( \frac{1}{\tilde{n} \operatorname{os} \frac{\alpha}{2}} - 1 \right), \quad (3.5)$$

$$D = R \left( 2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \alpha \right), \quad (3.6)$$

або

$$D = 2T - K. \quad (3.7)$$

У формулі (3.6)  $\alpha$  – в радіанах (1 радіан = 57,2958°).

При радіусах кривих у плані 2000 і передбачають улаштування перехідних кривих, довжина яких залежить від величини радіуса кривої у плані (табл.3.1) або визначається за формулою

$$L = \frac{V^2}{47R \cdot j}, \quad (3.8)$$

де  $V$  – розрахункова швидкість руху автомобіля, км/год;

$j$  – швидкість зростання відцентрового прискорення, приймається  $j = 0,5 - 0,7 \text{ м/с}^3$ .

З двох значень приймається більше.

Таблиця 3.1 – Довжина перехідних кривих

|                                    |     |     |     |     |     |     |     |              |               |
|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|---------------|
| Радіус<br>кругової<br>кривої, м    | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600-<br>1000 | 1100-<br>2000 |
| Довжина<br>перехідної<br>кривої, м | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120          | 100           |

В якості перехідної кривої приймається клотоїда, рівняння якої можна записати в загальному вигляді

$$r = \frac{\tilde{n}}{l}, \quad (3.9)$$

і в прямокутній системі координат

$$x = l - \frac{l^5}{40C^2}, \quad (3.10)$$

$$y = \frac{l^3}{6C} - \frac{l^7}{336C^3}, \quad (3.11)$$

де  $C$  – параметр клотоїди, м ( $C = RL$ );

$x, y$  – координати точки перехідної кривої, яка знаходиться на відстані  $l$  від її початку, м.

Перехідна крива по клотоїді має особливість – кут  $\beta$  ( в радіанах), утворений дотичними до початкової точки кривої і точки її сполучення з коловою кривою, визначається за формулою

$$\beta = \frac{L}{2R}, \quad (3.12)$$

Введення перехідної кривої викликає зсув основної кругової кривої усередину кута (рис.3.2) на величину зсуву, яка визначається за формулою

$$\delta = y_k - R(1 - \cos\beta), \quad (3.13)$$

де  $y_k$  – ордината кінця перехідної кривої, визначається за формулою (3.11), м.

Перехідна крива на місцевості розміщується частково за рахунок зменшення довжини кругової кривої і прямої на величину додаткового тангенсу, який визначається за формулою

$$t = x_k - R \sin\beta, \quad (3.14)$$

де  $x_k$  – абсциса кінця перехідної кривої, визначається за формулою (3.10), м.

Елементи повного закруглення з перехідною кривою визначаються за формулами:

$$T_\zeta = \dot{O} + t, \quad (3.15)$$

$$K_\zeta = \frac{\pi \cdot R \cdot (\alpha - 2\beta)^0}{180^0} + 2L, \quad (3.16)$$

$$\acute{A}_\zeta = \acute{A} + \delta, \quad (3.17)$$

$$\ddot{A}_\zeta = 2 \cdot \dot{O}_\zeta - \hat{E}_\zeta. \quad (3.18)$$

Улаштування перехідної кривої можливе, якщо виконується умова  $2\beta \leq \alpha$ .

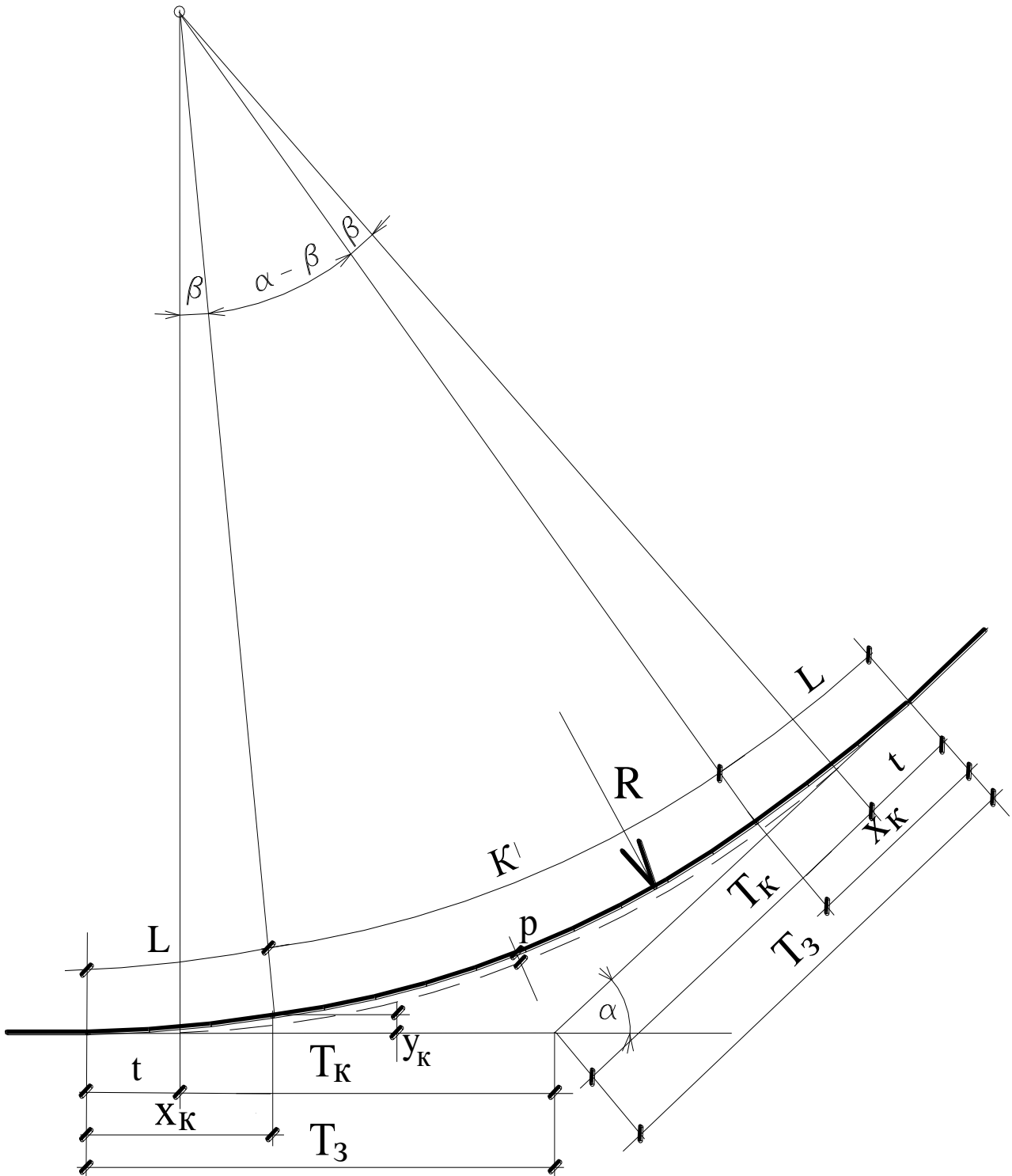


Рисунок 3.2 – Схема закруглення з перехідною кривою

### 3.2 Контрольні завдання за темою

Завдання 3.1 Визначити мінімальну величину радіуса заокруглення у випадку руху з розрахунковою швидкістю 80, 100, 120, 150 км/год з похилом віражу 0,035, 0,040, 0,060 за умови стійкості проти перекидання; за умови

«Загальний курс шляхів сполучення»

стійкості проти заносу; за умови забезпечення зручності поїздки для пасажирів; за умови економічності експлуатації автомобіля. Провести аналіз отриманих розв'язків.

Завдання 3.2 Визначити максимальну величину радіуса закруглення за умови видимості у нічний час. Відстань видимості прийняти 80, 100, 120, 140, 180, 200, 250м.

Завдання 3.3 Визначити значення елементів закруглення в плані з постійним кутом повороту і різними радіусами закруглення: 500, 800, 1000, 1200, 1500, 1800, 2000м.

Завдання 3.4 Визначити значення елементів закруглення в плані з радіусом 1000м і різними кутами повороту  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $60^\circ$ .

Завдання 3.5 Визначити мінімальну довжину перехідної кривої з розрахунковою швидкістю руху 100км/год і радіусами закруглення 250, 500, 800, 1500, 2000м.

Завдання 3.6 Визначити мінімальну довжину перехідної кривої з радіусом закруглення 1000м і розрахунковою швидкістю руху 90,100, 120, 150 км/год.

Завдання 3.7 Визначити координати точок перехідної кривої, розташованих на відстанях, кратних 20м від її початку зі значеннями радіуса 400, 600, 800, 1000, 1500м і довжиною перехідної кривої 100, 120, 120, 120, 100м.

Завдання 3.8 Визначити величину зсуву, додаткового тангенсу, кута клотоїди і координат її кінцевої точки з радіусом 250, 500, 1000, 1500, 2000м і довжині перехідної кривої 80, 110, 120, 100, 100м.

## 4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДОРОГИ В ПОЗДОВЖНЬОМУ ТА ПОПЕРЕЧНОМУ ПРОФІЛЯХ

### 4.1 Теоретичні основи

Мінімальний радіус опуклої вертикальної кривої визначається за умови видимості поверхні проїзної частини і можливості зупинки автомобіля перед перешкодою

$$R_i = \frac{S^2}{2h_1}, \quad (4.1)$$

де  $S$  – відстань видимості поверхні дороги, м;

$h_1$  – висота очей водія над поверхнею дороги, м, приймається 1,2 м.

Радіус увігнутої кривої визначають виходячи із значення відцентрової сили, допустимої за умови самопочуття пасажирів і перевантаження ресор

$$R_{\phi\hat{a}} = \frac{V^2}{6,5}. \quad (4.2)$$

Отриманий радіус перевіряють за умови видимості поверхні дороги у нічний час за формулою

$$R_{\phi\hat{a}} = \frac{S^2}{2(h_{\phi} + S \cdot \operatorname{tg}\beta)}, \quad (4.3)$$

де  $h_{\phi}$  – висота центра фари над поверхнею проїзної частини, приймається 0,75 м;

$\beta$  – кут розсіювання світла фар, приймається  $2^\circ$ .

Елементи вертикальної кривої (радіус, відстань від вершини кривої до будь-якої точки на ній, перевищення вершини кривої над точкою, похил у даній точці) пов'язані між собою залежностями:

$$i_A = \frac{l_A}{R}, \quad l_A = i_A \cdot R, \quad (4.4)$$

$$l = R \cdot (i_A - i_B), \quad (4.5)$$

$$h_C = \frac{l_C^2}{2R} = \frac{R \cdot i_C^2}{2}, \quad (4.6)$$

$$\Delta h = h_C - h_A = \frac{1}{2R} \cdot (l_C^2 - l_A^2), \quad (4.7)$$

де  $i_A, i_B, i_C$  – уклони в точках А, В, С;

$l_A$  – відстань від вершини кривої ( точки з нульовим похилом) до точки А, м;

$l$  – відстань між точками А і В, м;

$h_C$  – перевищення вершини над точкою С, м;

$\Delta h$  – перевищення точки С над точкою А, м.

На рис.4.1 наведено елементи вертикальної кривої.

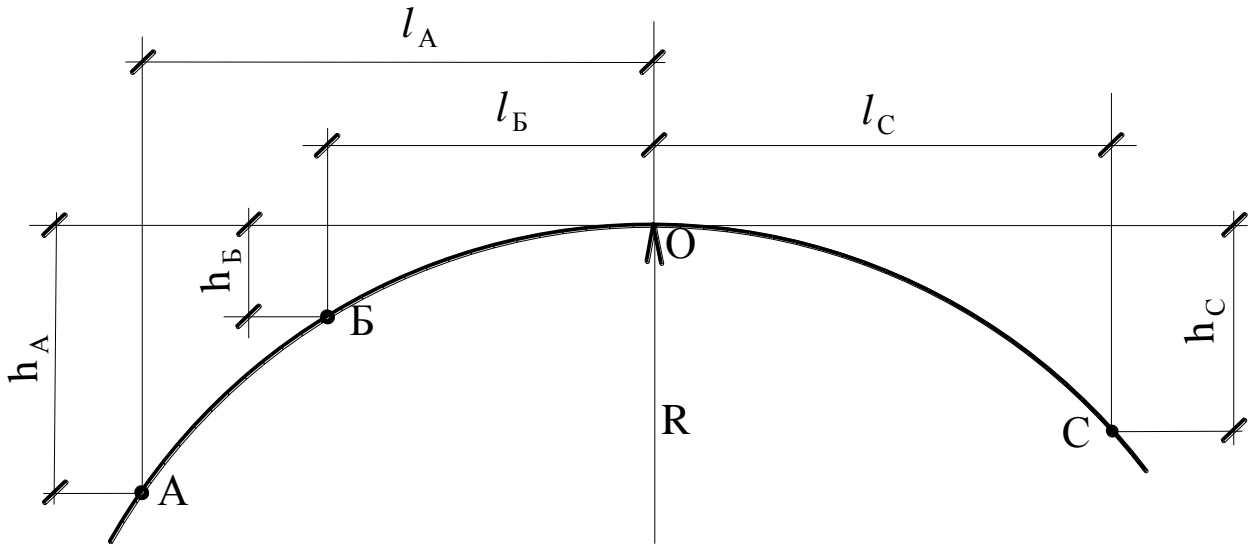


Рисунок 4.1 – Схема до визначення елементів вертикальної кривої

Відмітка точки вертикальної кривої визначається через відмітку вершини кривої та її перевищення над точкою:

а) для опуклої кривої

$$H_A = H_O - h_A, \quad (4.8)$$

б) для увігнутої кривої

$$H_A = H_O + h_A. \quad (4.9)$$

Якщо вертикальна крива вписується в переломи проектної лінії з відомими похилами  $i_1$  і  $i_2$  (рис.4.2), елементи вертикальної кривої визначаються за формулами:

$$K = R \cdot |i_1 - i_2|, \quad (4.10)$$

$$T = \frac{K}{2}, \quad (4.11)$$

$$A = \frac{T^2}{2R}, \quad (4.12)$$

де  $K$  – крива, м;

$T$  – тангенс, м;

$B$  – бісектриса, м;

$i_1$  і  $i_2$  – похили зі своїми знаками.

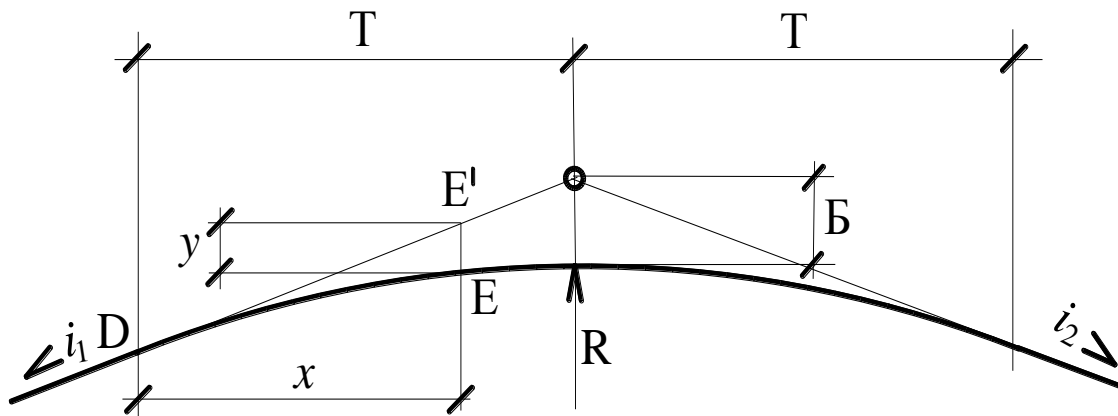


Рисунок 4.2 – Схема до визначення елементів вертикальної кривої за методом «тангенсів»

Відмітки будь-якої точки на кривій (см. рис.4.2) визначаються через точки початку або кінця вертикальної кривої за формулою

$$H_E = H_D \pm i_1 x \mp y, \quad (4.13)$$

де  $y$  – перевищення точки  $E'$  по тангенсу над точкою  $E$  по кривій, м, визначається за формулою

$$y = \frac{x^2}{2R}, \quad (4.14)$$

де  $x$  – відстань від початку кривої до точки, м.

Ширина проїзної частини дороги з двома смугами руху визначають за формулою

$$B = b + c + 2y + x, \quad (4.15)$$

де  $b$  – ширина кузова автомобіля, м;

$c$  – колія автомобіля, м;

$y$  – відстань від зовнішньої межі сліду колеса до краю проїзної частини, м;

$x$  – зазор між кузовами автомобілів, м.

Величини  $x$  і  $y$  визначаються за формулами:

- у разі зустрічного руху

$$x = 0,3 + 0,1\sqrt{2V}, \quad y = \sqrt{0,1 + 0,0075V}; \quad (4.16)$$

- у разі попутного руху

$$x = 0,3 + 0,075\sqrt{2V}, \quad y = \sqrt{0,1 + 0,0075V}, \quad (4.17)$$

де  $V$  – швидкість руху, км/год.



## 4.2 Контрольні завдання за темою

Завдання 4.1 Визначити мінімальний радіус вертикальної опуклої кривої для забезпечення розрахункової видимості поверхні дороги: 85, 150, 200, 250, 300м.

Завдання 4.2 Визначити мінімальний радіус увігнутої вертикальної кривої у випадку руху автомобіля з розрахунковою швидкістю: 80, 90, 100, 120, 140км/год.

Завдання 4.3 Визначити мінімальний радіус увігнутої вертикальної кривої за умови видимості у нічний час: 85, 150, 200, 250, 300м.

Завдання 4.4 Визначити відстань до вершини кривої та її перевищення над точками з похилом: 0,010; 0,020; 0,030; 0,040; 0,050; 0,060 у випадку радіусів кривих: 5000, 10000, 15000, 20000, 25000м.

Завдання 4.5 Визначити довжину вертикальної випуклої кривої і відмітки проміжних точок, розташованих через 100м, з радіусами: 10000, 15000, 20000, 25000м. Похили точок прийняти: початковий – +0,060, кінцевий - -0,050. Відмітку початкової точки прийняти 100,00м.

Завдання 4.6 Визначити довжину вертикальної увігнутої кривої і відмітки проміжних точок, розташованих через 100м, з радіусами: 10000, 7500, 5000, 2500м. Похили точок прийняти: початковий – -0,060, кінцевий – +0,040. Відмітку початкової точки прийняти 100,00м.

Завдання 4.7 Визначити елементи вертикальної опуклої кривої і відмітки проміжних точок, розташованих через 100м, з радіусами: 10000, 15000, 20000, 25000м і похилами  $i_1=+50\%$  і  $i_2=-60\%$ . Відмітку початкової точки прийняти 100,00м.

Завдання 4.8 Визначити елементи вертикальної увігнутої кривої і відмітки проміжних точок, розташованих через 100м, з радіусами: 5000, 10000, 15000м і похилами  $i_1=-40\%$  і  $i_2=+50\%$ . Відмітку початкової точки прийняти 100,00м.

Завдання 4.9 Визначити ширину проїзної частини для доріг з вантажним рухом. Розрахункові швидкості прийняти: 40, 60, 80 км/год.

Завдання 4.10 Визначити ширину проїзної частини для доріг з легковим рухом. Розрахункові швидкості прийняти: 60, 80, 100, 120, 150 км/год.

Завдання 4.11 Визначити ширину проїзної частини для доріг зі змішаним рухом. Розрахункові швидкості прийняти: 60, 80, 100, 120, 150 км/год.

## 5 ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ ДОРОГИ

### 5.1 Теоретичні основи

Однією з характеристик транспортного потоку являється пропускна здатність – кількість автомобілів, які можуть пройти по дорозі за визначений відрізок часу.

Пропускна здатність однієї смуги руху (в авт/год) зі швидкістю руху (в км/год) визначається за формулою

$$N_{i\partial} = \frac{1000V}{\frac{V}{3,6} - \frac{k \cdot V^2}{254(\varphi \pm i + f)} + l_{\zeta}}. \quad (5.1)$$

Значення змінних у формулі (5.1) такі самі, як у формулі (2.14). Необхідне число смуг руху визначається за формулою

$$n = \frac{N_p \cdot E}{z \cdot N_{i\partial}}, \quad (5.2)$$

де  $N_p$  – розрахункова годинна інтенсивність руху, км/год;

$E$  – коефіцієнт сезонної нерівномірності руху, приймається 1,2 – 1,4;

$z$  – коефіцієнт завантаження, який відповідає необхідному рівню зручності для даної дороги (рекомендується приймати не більш 0,5);

$N_{i\partial}$  – типова пропускна здатність дороги, авт/год.

Інтенсивність руху, приведену до легкового автомобіля, визначають шляхом помноження фактичної інтенсивності руху на коефіцієнт приведення

$$N_p = \sum_{i=1}^n N_i \cdot k_i, \quad (5.3)$$

де  $N_i$  – фактична годинна інтенсивність  $i$ -ого типу автомобілів, авт/год;

$k_i$  – коефіцієнт приведення  $i$ -ого типа до легкового автомобіля (табл.5.1).

В якості фактичної годинної інтенсивності руху у разі призначення категорії дороги і її параметрів приймають середню інтенсивність за найбільш напружені 10 годин на протязі доби

$$N_{\bar{a}} = 0,1 \cdot N, \quad (5.4)$$

де  $N$  – середньорічна добова інтенсивність руху, авт/год.

Таблиця 5.1 – Коефіцієнти приведення транспортних засобів до легкового автомобіля

| Ч.ч.  | Тип транспортного засобу                            | Коефіцієнт приведення |
|---|---|-----------------------|
| 1   | 2   | 3                     |
| 1   | Мотоцикл без коляски та мопед                       | 0,5                   |
| 2   | Мотоцикл з коляскою                                 | 0.75                  |
| 3   | Легковий автомобіль                                 | 1,0                   |
| 4   | Вантажний автомобіль вантажопідйомністю,            |                       |
|   | до 1т   | 1,0                   |
|   | від 1 до 2т   | 1,5                   |
|   | від 2 до 6т   | 2,0                   |
|   | від 6 до 8т   | 2,5                   |
|   | від 8 до 14т  | 3,0                   |
|   | понад 14 т  | 3,5                   |
| 5   | Автопоїзд вантажопідйомністю, т:                    |                       |
|   | до 12   | 3,5                   |
|   | від 12 до 20  | 4,0                   |
|   | від 20 до 30  | 5,0                   |
|   | понад 30  | 6,0                   |
| 6   | Колісний трактор з причепами вантажопідйомністю, т: |                       |
|   | до 10   | 3,5                   |
|   | понад 10  | 5,0                   |
| 7   | Автобус   | 3,0                   |
| 8   | Автобус зчеплений (здвоєний)                        | 5,0                   |
| Примітки:   |   |                       |
| 1. При проміжних значеннях вантажопідйомності транспортних засобів коефіцієнти приведення визначають інтерполяцією.       |   |                       |
| 2. Коефіцієнти приведення для спеціальних автомобілів приймають як для базових автомобілів відповідної вантажопідйомності |   |                       |

## **5.2 Контрольні завдання за темою**

Завдання 5.1 Визначити пропускну здатність горизонтальної смуги руху з розрахунковими швидкостями руху: 60, 80, 100, 120, 150 км/год. Коефіцієнт зчеплення прийняти: 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2. Коефіцієнт кочення: 0,02; 0,025; 0,03; 0,04.

Завдання 5.2 Визначити приведену до легкового автомобіля інтенсивність руху вантажних автомобілів. Сумарну інтенсивність прийняти: 100, 500, 1000, 2000, 3000, 7000, 10000 авт/доб. Склад руху прийняти з завдання 1.1.

Завдання 5.3 Визначити потрібне число смуг руху з вихідних даних, наведених у завданнях 5.1, 5.2.

## 6 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА НА ТЕМУ: «РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДОРОГИ У ПЛАНІ І ПОЗДОВЖНЬОМУ ПРОФІЛІ»

Виконання розрахунково-графічної роботи розширить і зміцнить знання студентів з дисципліни, дозволить одержати практичні навички з розв'язання задач по розрахунку елементів дороги у плані і поздовжньому профілі.

### 6.1 Розрахунок елементів дороги у плані

Вихідними даними для розв'язання задачі являються:

- кут повороту –  $\alpha$ , град;
- радіус –  $R$ , м;
- довжина перехідної кривої –  $L$ , м.

Вихідні дані прийняти за варіантом (додаток Б).

Вихідні дані для розрахунку прикладу:

- кут повороту  $\alpha = 45^\circ$ ,
- радіус  $R = 1200$  м,
- довжина перехідної кривої  $L = 100$  м.

Основними елементами кривих у плані являються: радіус ( $R$ ), тангенс ( $T$ ), крива ( $K$ ), бісектриса ( $B$ ), домір ( $D$ ), які обчислюються за формулами (3.3) – (3.7):

$$T = 1200 \cdot \operatorname{tg} \frac{45^\circ}{2} = 497,06 \text{ м};$$

$$K = \frac{3,14 \cdot 1200 \cdot 45^\circ}{180^\circ} = 942,48 \text{ м};$$

$$B = 1200 \cdot \left( \frac{1}{\operatorname{Cos} \frac{45^\circ}{2}} - 1 \right) = 98,87 \text{ м};$$

$$D = 2 \cdot 497,06 - 942,48 = 52,64 \text{ м}.$$

Основними елементами перехідної кривої є: кут  $\beta$ , зсув  $p$ , додатковий тангенс  $t$ , координати  $x_0, y_0$ , які визначаються за формулами (3.10) – (3.14), параметр клотоїди  $C$  визначається за формулою (3.9).

Розрахунок:

$$C = 1200 \cdot 100 = 120000 \text{ м}^2;$$

$$\beta = \frac{100}{2 \cdot 1200} = 0,042 \text{ рад} = 2,38732375^\circ;$$

$$x_0 = 100 - \frac{100^5}{40(1200 \cdot 100)^2} = 100 - 0,021 = 99,98 \text{ м};$$

$$y_o = \frac{100^3}{6 \cdot 1200 \cdot 100} - \frac{100^7}{336(1200 \cdot 100)^3} = 1,39 - 0,0002 = 1,39 \text{ м};$$

$$p = 1,39 - 1200(1 - \cos 2,387^\circ) = 1,39 - 1,04 = 0,35 \text{ м};$$

$$t = 99,79 - 1200 \cdot \sin 2,387^\circ = 99,98 - 49,98 = 50,00 \text{ м}.$$

Для побудови перехідної кривої обчислюємо координати для точок через 20 м (довжина перехідної кривої  $L=100$  м,  $l=20, 40, 60, 80, 100$  м).

Результати розрахунку наводимо у табл.6.1.

Таблиця 6.1 – Координати для розбивки перехідної кривої

|      |   |       |       |       |       |       |
|------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| l, м | 0 | 20    | 40    | 60    | 80    | 100   |
| X, м | 0 | 20,00 | 40,00 | 60,00 | 79,99 | 99,98 |
| Y, м | 0 | 0,010 | 0,09  | 0,30  | 0,71  | 1,39  |

Основними елементами повного закруглення є:  $\hat{E}_\zeta, \hat{O}_\zeta, D_\zeta, \hat{A}_\zeta$  які обчислюються за формулами (3.15) – (3.18):

$$K_\zeta = \frac{3,14 \cdot 1200 \cdot (45^\circ - 2 \cdot 2,387^\circ)}{180^\circ} + 2 \cdot 100 = 1042,48 \text{ м};$$

$$\hat{O}_\zeta = 497,06 + 50,00 = 547,06 \text{ м};$$

$$D_\zeta = 2 \cdot 547,06 - 1042,48 = 51,64 \text{ м};$$

$$\hat{A}_\zeta = 98,87 + 0,35 = 99,22 \text{ м}.$$

## 6.2 Розрахунок елементів дороги у поздовжньому профілі

Для розв'язання задачі необхідно за вихідними даними (додаток В) побудувати проектну лінію на міліметровому папері у масштабах: горизонтальний 1:5000 (в 1 см = 50 м), вертикальний 1:500 (1 см = 5 м). Розмір паперу – 297×630 мм. Розміри сітки поздовжнього профілю наведено на рис.6.1.

Вихідними даними являються: початкова проектна відмітка ( $H_{поч}$ ), довжини ділянок траси ( $d_1, d_2, d_3$ ), похили ділянок ( $i_1, i_2, i_3$ ), радіуси вертикальних кривих ( $R_1, R_2$ ), які вписуються в переломи проектної лінії.



Рисунок 6.1 – Сітка поздовжнього профілю

### 6.3 Приклад розрахунку

Вихідні дані:

$$i_1 = +40\text{‰}; d_1 = 500\text{м}; R_1 = 10000\text{м};$$

$$i_2 = -20\text{‰}; d_2 = 500\text{м}; R_2 = 5000\text{м};$$

$$i_3 = +20\text{‰}; d_3 = 600\text{м}; H_{\text{ноч}} = 110,00\text{м}.$$

Проектна лінія на першому етапі побудови наноситься у вигляді ломаної лінії (рис. 6.2). Відмітки точок перелому проектної лінії визначаються за формулою:

$$H_n = H_{n-1} + id, \quad (6.1)$$

$$H_{\text{ноч}} = 110,00\text{м};$$

$$H_1 = 110,00 + (+0,040 \cdot 500) = 130,00\text{м};$$

$$H_2 = 130,00 + (-0,020 \cdot 500) = 120,00\text{м};$$

$$H_3 = 120,00 + (+0,020 \cdot 600) = 132,00\text{м}.$$

У переломи проектної лінії вписуємо вертикальні криві. Елементи вертикальної кривої визначаються за формулами (4.10) – (4.12):

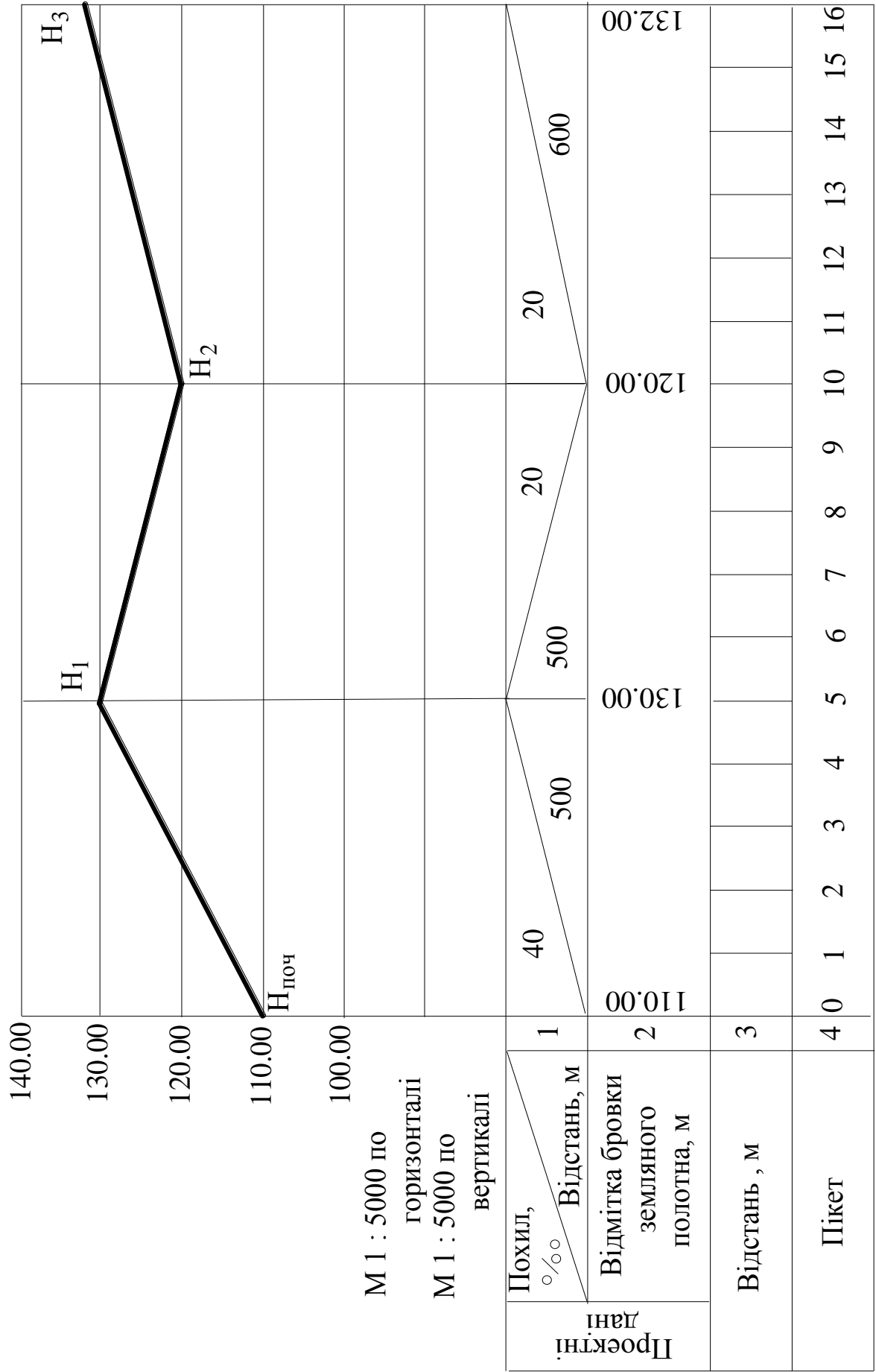


Рисунок 6.2 – Побудова проектної лінії (1-ий етап)



а) визначаємо елементи для першої вертикальної кривої (випуклої):

$$K_1 = 10000 \cdot | +0,040 - (-0,020) | = 600 \text{ м};$$

$$T_1 = 600 / 2 = 300 \text{ м};$$

$$B_1 = \frac{300^2}{2 \cdot 10000} = 4,5 \text{ м};$$

б) визначаємо елементи для другої вертикальної кривої (увігнутої):

$$K_2 = 5000 \cdot | (-0,020) - (+0,020) | = 200 \text{ м};$$

$$T_2 = 200 / 2 = 100 \text{ м};$$

$$A_2 = \frac{100^2}{2 \cdot 5000} = 1,0 \text{ м}.$$

Визначаємо відмітки початку та кінця вертикальних кривих за формулами:

а) для першої вертикальної кривої (опуклої):

початок кривої:

$$\hat{I}\hat{E}_1 = H_{i\ddot{v}} + {}^3_1 \cdot l, \quad (6.2)$$

де  $l = d_1 - T_1$ .

або

$$\hat{I}\hat{E}_1 = H_1 - {}^3_1 \cdot \hat{O}_1, \quad (6.3)$$

$$\hat{I}\hat{E}_1 = 110,00 + 0,040 \cdot (500 - 300) = 118,00 \text{ м};$$

$$PK_1 = 130,00 - 0,040 \cdot 300 = 118,00 \text{ м};$$

де  $H_1$  – проектна відмітка першої точки перелому проектної лінії, м.

кінець кривої:

$$KK_1 = H_1 - {}^3_2 \cdot \hat{O}_1, \quad (6.4)$$

$$KK_1 = 130,00 - 0,020 \cdot 300 = 124,00 \text{ м}.$$

б) для другої вертикальної кривої (увігнутої):

початок кривої:

$$\hat{I}\hat{E}_2 = H_2 + {}^3_2 \cdot \hat{O}_2, \quad (6.5)$$

$$PK_2 = 120,00 + 0,020 \cdot 100 = 122,00 \text{ м},$$

де  $H_2$  – проектна відмітка другої точки перелому проектної лінії, м.

кінець кривої:

$$\hat{E}\hat{E}_2 = H_2 + {}^3_3 \cdot \hat{O}_2, \quad (6.6)$$

$$KK_2 = 120,00 + 0,020 \cdot 100 = 122,00 \text{ м}.$$

Визначаємо відмітки пікетів, що знаходяться на кривій відносно по початку або кінця кривої за формулою (4.14):

а) для випуклої вертикальної кривої:

$$H_{ПК3} = 118,00 + 0,040 \cdot 100 - \frac{100^2}{2 \cdot 10000} = 118 + 4 - 0,5 = 121,50 м;$$

$$H_{ПК4} = 118,00 + 0,040 \cdot 200 - \frac{200^2}{2 \cdot 10000} = 118 + 8 - 2 = 124,00 м;$$

$$H_{ПК5} = 118,00 + 0,040 \cdot 300 - \frac{300^2}{2 \cdot 10000} = 118 + 12 - 4,5 = 125,50 м$$

або через бісектрису кривої

$$H_{ПК5} = 130,00 - 4,5 = 125,50 м;$$

$$I_{i\hat{e}6} = 124,00 + 0,020 \cdot 200 - \frac{200^2}{2 \cdot 10000} = 124 + 4 - 2 = 126,00 м ;$$

$$H_{ПК7} = 124,00 + 0,020 \cdot 100 - \frac{100^2}{2 \cdot 10000} = 124 + 2 - 0,5 = 125,50 м ;$$

б) для увігнутої вертикальної кривої:

$$H_{ПК10} = 122,00 - 0,020 \cdot 100 + \frac{100^2}{2 \cdot 5000} = 122 - 2 + 1 = 121,00 м$$

або через бісектрису кривої:

$$H_{ПК10} = 120,00 + 1,00 = 121,00 м.$$

Відмітки пікетів, які розташовані на прямій ділянці, визначаються за формулами (4.8), (4.9):

$$H_{ПК0} = 110,00 м;$$

$$H_{ПК1} = 110,00 + 0,040 \cdot 100 = 110 + 4 = 114,00 м;$$

$$H_{ПК12} = 122,00 + 0,020 \cdot 100 = 124,00 м;$$

$$H_{ПК13} = 124,00 + 0,020 \cdot 100 = 126,00 м;$$

$$H_{ПК14} = 126,00 + 0,020 \cdot 100 = 128,00 м;$$

$$H_{ПК15} = 128,00 + 0,020 \cdot 100 = 130,00 м;$$

$$H_{ПК16} = 130,00 + 0,020 \cdot 100 = 132,00 м.$$

Всі розраховані проектні відмітки вписуються на поздовжній профіль (рис.6.3). У переломи проектної лінії за шаблонами вписуються вертикальні криві. Профіль оформлюється за вимогами: всі проектні відмітки, похили і відстані наводять червоним кольором. Також показують початок і кінець вертикальних кривих.



## ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабков В.Ф. Проектирование автомобильных дорог. Ч.1: учебн. для студ. высш. учеб. завед. / В.Ф.Бабков, О.В. Андреев – М.: Транспорт, 1987. – 415с.
2. Громов Н.Н. Единая транспортная система: учебн. для студ. высш. учеб. завед. / Н.Н. Громов, Т.А. Панченко, А.Д. Чудновский – М.: Транспорт, 1987. – 304 с.
3. Красильщиков И.М. Проектирование автомобильных дорог: учебн. пособие для техникумов / И.М. Красильщиков, Л.В. Елизаров – М.: Транспорт, 1986. – 216с.
4. Бортницкий П.И. Тягово-скоростные качества автомобилей: справочник / П.И. Бортницкий, В.И. Задорожный – К.: Высш. шк., 1978. – 176 с.
5. Краткий автомобильный справочник / НИАТ: М – во авт. трансп. РСФСР – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1983. – 220 с.
6. Споруди транспорту. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-3:2007. – [Чинний від 2007-03-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 176 с. – (Державні будівельні норми України).

**ДОДАТОК А****ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ ТИТУЛЬНОГО АРКУША****МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ ІНСТИТУТ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»****Кафедра «Проектування доріг  
і штучних споруд»****РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА****з дисципліни: «Загальний курс шляхів сполучення»  
на тему: «Розрахунок елементів дороги у плані і  
поздовжньому профілі»****Розробив:** ст. гр. АД 10а  
Іванов А. О.**Керівник:** асист. Петров Б.І.**ГОРЛІВКА 2011**

## ДОДАТОК Б

## ВИХІДНІ ДАНІ ДО ЗАДАЧІ 1

| Варіант | Задача №1       |      |      |
|---------|-----------------|------|------|
|         | $\alpha$ , град | R, м | L, м |
| 1       | 30              | 2000 | 100  |
| 2       | 31              | 1900 | 100  |
| 3       | 32              | 1800 | 100  |
| 4       | 33              | 1700 | 100  |
| 5       | 34              | 1600 | 100  |
| 6       | 35              | 1500 | 100  |
| 7       | 36              | 1600 | 100  |
| 8       | 37              | 1500 | 100  |
| 9       | 38              | 1450 | 100  |
| 10      | 39              | 1400 | 100  |
| 11      | 40              | 1350 | 100  |
| 12      | 41              | 1300 | 100  |
| 13      | 42              | 1350 | 100  |
| 14      | 43              | 1300 | 100  |
| 15      | 44              | 1250 | 100  |
| 16      | 45              | 1200 | 100  |
| 17      | 46              | 1150 | 100  |
| 18      | 47              | 1100 | 100  |
| 19      | 48              | 1050 | 120  |
| 20      | 49              | 1000 | 120  |
| 21      | 50              | 950  | 120  |
| 22      | 51              | 900  | 120  |
| 23      | 52              | 750  | 120  |
| 24      | 53              | 850  | 120  |
| 25      | 54              | 800  | 120  |
| 26      | 55              | 700  | 120  |
| 27      | 56              | 600  | 120  |

## ДОДАТОК В

## ВИХІДНІ ДАНІ ДО ЗАДАЧІ 2

| Варіант | Задача №2            |          |          |          |                  |                  |                  |                  |                  |
|---------|----------------------|----------|----------|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|         | $H_{\text{поч., м}}$ | $i_1, ‰$ | $i_2, ‰$ | $i_3, ‰$ | $d_1, \text{ м}$ | $d_2, \text{ м}$ | $d_3, \text{ м}$ | $R_1, \text{ м}$ | $R_2, \text{ м}$ |
| 1       | 100                  | -20      | +15      | -18      | 400              | 600              | 500              | 6000             | 3000             |
| 2       | 120                  | -40      | +20      | -20      | 500              | 500              | 500              | 5000             | 10000            |
| 3       | 130                  | -25      | +25      | -30      | 600              | 500              | 400              | 4000             | 10000            |
| 4       | 140                  | -35      | +20      | -40      | 500              | 400              | 600              | 5000             | 6000             |
| 5       | 150                  | -32      | +18      | -30      | 400              | 600              | 600              | 10000            | 8000             |
| 6       | 160                  | -34      | +16      | -40      | 600              | 500              | 500              | 8000             | 10000            |
| 7       | 170                  | -28      | +22      | -35      | 400              | 400              | 700              | 6000             | 8000             |
| 8       | 180                  | -18      | +32      | -25      | 700              | 500              | 300              | 8000             | 10000            |
| 9       | 190                  | -38      | +22      | -40      | 600              | 600              | 400              | 3000             | 8000             |
| 10      | 200                  | -23      | +17      | -30      | 500              | 700              | 500              | 10000            | 5000             |
| 11      | 210                  | +20      | -30      | +40      | 500              | 600              | 500              | 10000            | 4000             |
| 12      | 220                  | +25      | -25      | +35      | 600              | 400              | 400              | 5000             | 2000             |
| 13      | 230                  | +20      | -25      | +35      | 600              | 500              | 400              | 10000            | 5000             |
| 14      | 240                  | +30      | -30      | +25      | 700              | 600              | 300              | 8000             | 2000             |
| 15      | 250                  | +40      | -15      | +30      | 600              | 500              | 600              | 10000            | 3000             |
| 16      | 260                  | +45      | -15      | +40      | 400              | 500              | 700              | 8000             | 2000             |
| 17      | 270                  | -10      | +20      | -35      | 400              | 400              | 700              | 10000            | 3000             |
| 18      | 280                  | -10      | +35      | -20      | 500              | 500              | 600              | 6000             | 10000            |
| 19      | 290                  | -25      | +20      | -15      | 600              | 400              | 500              | 8000             | 10000            |
| 20      | 300                  | -30      | +30      | -25      | 700              | 400              | 400              | 6000             | 8000             |
| 21      | 310                  | -15      | +25      | -20      | 500              | 600              | 400              | 10000            | 15000            |
| 22      | 320                  | +20      | -45      | +15      | 400              | 600              | 600              | 10000            | 8000             |
| 23      | 330                  | +15      | -30      | +20      | 600              | 500              | 600              | 8000             | 8000             |
| 24      | 340                  | +25      | -10      | +15      | 500              | 600              | 400              | 10000            | 8000             |
| 25      | 350                  | +15      | -20      | +30      | 600              | 400              | 400              | 10000            | 6000             |
| 26      | 360                  | +40      | -15      | +15      | 500              | 600              | 500              | 8000             | 10000            |
| 27      | 370                  | +40      | -30      | +20      | 600              | 500              | 500              | 6000             | 8000             |

ЕЛЕКТРОННЕ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

**Піндус Богдан Іванович**  
**Плужник Галина Миколаївна**  
**Бушева Валентина Михайловна**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ І ВИКОНАННЯ**  
**РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ НА ТЕМУ**  
**«РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДОРОГИ У ПЛАНІ І**  
**ПОЗДОВЖНЬОМУ ПРОФІЛІ»**  
**З ДИСЦИПЛІНИ «ЗАГАЛЬНИЙ КУРС ШЛЯХІВ СПОЛУЧЕННЯ»**  
**(ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМКУ ПІДГОТОВКИ 6.060101**  
**«БУДІВНИЦТВО»)**

Підписано до випуску \_\_\_\_\_.\_\_\_\_.20\_\_р. Гарнітура Times New.  
Умов. друк. арк. \_\_\_\_\_. Зам. № \_\_\_\_\_.

Державний вищий навчальний заклад  
«Донецький національний технічний університет»  
Автомобільно-дорожній інститут  
84646, м. Горлівка, вул. Кірова, 51  
E-mail: druknf@rambler.ru

Редакційно-видавничий відділ

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 2982 від 21.09.2007р.