

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ



◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ**

Методические указания к выполнению курсового проекта № 1  
по дисциплине «Основы проектирования автомобильных дорог»  
для студентов специальности  
270205 «Автомобильные дороги и аэродромы»



---

Тамбов  
Издательство ТГТУ  
2007

УДК 625.7/.8  
ББК 0311-02я73-5  
П791

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Р е ц е н з е н т

Доктор технических наук,  
профессор кафедры «Конструкции зданий и сооружений» ТГТУ  
*В.В. Леденев*

С о с т а в и т е л и :

*К.А. Андрианов,*  
*А.Г. Воронков*

П791 Проектирование участка автомобильной дороги : метод. указ. /  
сост. : К.А. Андрианов, А.Г. Воронков. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос.  
техн. ун-та, 2007. – 32 с. – 50 экз.

Изложена методика выполнения курсового проекта № 1 по курсу «Основы проектирования автомобильных дорог». Представлены последовательность определения технической категории автомобильной дороги, расчет и обоснование технических нормативов проектируемой дороги; дается методика проектирования плана дороги, построения продольного и поперечного профилей, подсчета объемов земляных работ, назначения конструкции дорожной одежды.

Предназначены для студентов специальности 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы», дневной формы обучения, изучающих курс «Основы проектирования автомобильных дорог». Могут быть полезны для студентов специальности 190702 «Организация и безопасность движения», изучающих курс «Пути сообщения, технологические сооружения».

УДК 625.7/.8  
ББК 0311-02я73-5

© ГОУ ВПО «Тамбовский государственный  
технический университет» (ТГТУ), 2007

Учебное издание

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Методические указания

С о с т а в и т е л и :

АНДРИАНОВ Константин Анатольевич,  
ВОРОНКОВ Алексей Геннадьевич

Редактор З.Г. Чернова  
Компьютерное макетирование Т.Ю. Зотовой

Подписано в печать 05.12.2007  
Формат 60×84/16. 1,86 усл. печ. л. Тираж 50 экз. Заказ № 794

Издательско-полиграфический центр ТГТУ  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ВВЕДЕНИЕ

Целью методических указаний является систематизация работы студентов над выполнением курсового проекта, облегчение их работы по подбору необходимых справочных данных, выполнению курсового проекта в должной последовательности с тем, чтобы он соответствовал по своему содержанию и объему рабочей программе по курсу «Основы проектирования автомобильных дорог».

### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

#### 1.1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью курсового проектирования является обобщение и закрепление теоретических знаний, полученных студентами при изучении соответствующих разделов курса «Основы проектирования автомобильных дорог».

В процессе выполнения курсового проекта студент должен научиться грамотно выполнять технические расчеты, освоить навыки и методы проектирования автомобильных дорог, использовать в своей работе техническую, нормативную и справочную литературу.

При выполнении курсового проекта студент должен показать умение самостоятельной творческой работы при решении конкретных инженерных задач с учетом новейших достижений науки и техники в области проектирования и строительства автомобильных дорог в нашей стране и за рубежом.

К выполнению курсового проекта № 1 следует приступать после тщательного изучения первого раздела курса «Основы проектирования автомобильных дорог» [1] и норм проектирования [9 – 11].

#### 1.2. СОСТАВ И ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА

Курсовой проект должен содержать следующие материалы:

- задание на выполнение курсового проекта;
- пояснительную записку с необходимыми расчетами и обоснованиями принимаемых решений;
- графический материал, содержащий топографическую карту местности с вариантами трассы, продольный и поперечные профили автомобильной дороги по принятому варианту трассы, схему принятой конструкции дорожной одежды, конструктивный чертеж детали проекта.

Состав курсового проекта приведен в задании на проектирование.

Пояснительная записка должна быть написана на одной стороне листов формата А4 с угловыми штампами и по содержанию соответствовать последовательности изложения, приведенном в задании на проектирование к курсовому проекту.

Весь графический материал вычерчивается карандашом или тушью на миллиметровой бумаге (форматы А3 и А4) с угловыми штампами в два цвета: черный и красный.

При оформлении материалов курсового проекта необходимо учитывать требования ГОСТов и ЕСКД.

## 2. Общая характеристика района проектирования дороги

В этом разделе необходимо дать краткое описание географического положения и природных условий района проектирования дороги (район проектирования приводится для каждого студента в задании к курсовому проекту).

*Климат.* Приводятся общие климатические характеристики, максимальная и минимальная температуры воздуха, глубина промерзания грунтов, строятся розы ветров по повторяемости и скорости ветра для осенне-зимнего периодов, указывается дорожно-климатическая зона и т.п.

Характеристику природных условий можно найти в [2, 12, 13].

Строится дорожно-климатический график с учетом данных, приведенных в [3, 4], пример графика приведен в [1, 3, 4].

*Рельеф местности.* По выданной топографической карте дается характеристика рельефа района проектирования дороги, устанавливаются высотные препятствия, низменности и т.п. с целью выбора наиболее целесообразного направления трассы дороги, при котором удастся проложить трассу дороги, как можно ближе к «воздушной линии» с минимальными объемами земляных работ и искусственных сооружений.

*Грунтово-геологическое строение местности.* На основании задания к курсовому проекту и топографической карте необходимо описать типы грунтов, наличие оползней, устойчивость склонов и т.п.

*Гидрологические условия.* По карте следует установить наличие заболоченных участков, места постоянно действующих водотоков, участки с необеспеченным поверхностным стоком, глубину залегания грунтовых вод и т.п.

*Растительность.* Необходимо указать наличие лесов, парков, земель, занятых ценными угодьями, оценить их с точки зрения обеспечения видимости, снегозащитной роли и охраны окружающей среды.

*Дорожно-строительные материалы.* Следует описать обеспеченность местными дорожно-строительными материалами, которые необходимо использовать при строительстве автомобильной дороги (устройстве земляного полотна, дорожной одежды, искусственных сооружений). При отсутствии таких материалов в районе строительства дороги указывается наличие их месторождений в соседних областях.

### 3. ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ

#### 3.1. Установление класса и технической категории дороги

Перед тем, как установить техническую категорию проектируемой дороги, необходимо в соответствии с типами автомобилей (указаны в задании) установить их марки и показатели технико-эксплуатационных характеристик (табл. П.1.1 или [4]).

В соответствии с исходными данными об интенсивности и составе движения в перспективе на 20 лет, приведенными в задании к курсовому проекту, необходимо установить техническую категорию проектируемой дороги. Для этого, согласно [11], следует вычислить расчетную интенсивность движения, приведенную к легковому автомобилю по формуле

$$N_p^{прив} = N_1 K_1 + N_2 K_2 + \dots + N_n K_n, \text{ прив. ед./сут}, \quad (3.1)$$

где  $N_1, N_2 \dots N_n$  – заданная перспективная интенсивность движения отдельных типов автомобилей, авт./сут;  $K_1, K_2, \dots, K_n$  – коэффициенты приведения отдельных типов автомобилей к легковому, см. [11, табл. 2].

По полученному значению  $N_p^{прив}$  по [9, табл. 1 и 11, табл. 1\*] определяется класс и техническая категория проектируемой автомобильной дороги.

#### 3.2. Определение ширины проезжей части с обоснованием необходимого числа полос движения

Необходимое число полос движения определяется по формуле

$$n = \frac{\alpha K_n N_p \varepsilon}{z P \gamma}, \quad (3.2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент перехода от суточной интенсивности движения к часовой ( $\alpha = 0,1$ );  $K_n N_p$  – приведенная интенсивность движения, прив. ед./сут. ( $K_n N_p = N_p^{прив}$ );  $\varepsilon$  – коэффициент сезонной неравномерности изменения интенсивности движения ( $\varepsilon = 1$ );  $z$  – расчетный коэффициент загрузки дороги движением, зависящий от уровня удобства движения ( $z = 0,3 \dots 0,5$ );  $\gamma$  – коэффициент, зависящий от рельефа местности (для равнинного рельефа – 1,0; пересеченного – 0,8; сильно пересеченного – 0,6);  $P$  – пропускная способность одной полосы движения определяется по формуле

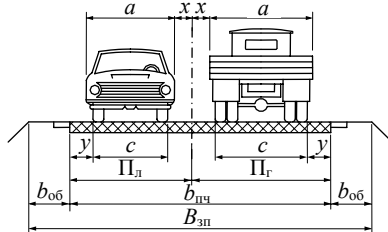
$$P = B P_{\max}, \text{ авт./ч}, \quad (3.3)$$

где  $B$  – итоговый коэффициент снижения пропускной способности, равный произведению частных коэффициентов  $\beta_1 \dots \beta_{15}$ , отражающих влияние различных элементов дороги на пропускную способность, их значения

приведены в [3];  $P_{\max}$  – максимальная пропускная способность полосы движения, авт./ч (для двухполосных дорог – 2000 авт./ч в оба направления; трехполосных – 4000 авт./ч в оба направления; четырехполосных – 2000 авт./ч по одной полосе движения).

В курсовом проекте условно можно принять пропускную способность одной полосы движения, равной максимальной пропускной способности ( $P = P_{\max}$ ).

Ширина полосы движения определяется отдельно для грузовых и легковых автомобилей, преобладающих в составе транспортного потока из условия встречного движения автомобилей, движущихся с расчетной скоростью.



**Рис. 1. Расчетная схема для определения геометрических элементов проезжей части и земляного полотна автомобильной дороги**

Ширина полосы движения зависит от ширины кузова автомобиля  $a$ , его колеи  $c$ , величины предохранительной полосы между колесом автомобиля и кромкой проезжей части  $y$ , величины зазора безопасности между кузовом автомобиля и границей полосы  $x$  (рис. 1):

$$x = y = 0,5 + 0,005 V_p, \text{ м}, \quad (3.4)$$

Тогда для двухполосной дороги с двусторонним движением ширина одной полосы движения определяется по формуле

$$П_2 = \frac{a + c}{2} + 1,0 + 0,01 V_p, \text{ м}, \quad (3.5)$$

а общая ширина проезжей части

$$b_{п.ч} = П_г + П_л, \text{ м}, \quad (3.6)$$

где  $П_г, П_л$  – ширина полосы движения для грузового и легкового автомобилей соответственно, м.

### 3.3. Определение ширины земляного полотна с обоснованием ширины обочин

Ширина земляного полотна автомобильной дороги (рис. 1) определяется по формуле

$$B_{з.п.} = b_{п.ч.} + 2b_{об.}, \text{ м}, \quad (3.7)$$

где  $b_{об.}$  – ширина обочины, м, определяется в зависимости от категории дороги по [10, табл. 3 и 11, табл. 4\*].

Данные заносятся в табл. 3.1.

#### 3.1. Геометрические элементы автомобильной дороги

Элементы автомобильной дороги	Показатель			
	число полос движения, $n$ , шт.	ширина проезжей части, $b_{п.ч.}$ , м	ширина обочин, $b_{об.}$ , м	ширина земляного полотна, $B_{з.п.}$ , м

#### 3.4. Определение предельных продольных уклонов

Предельные продольные уклоны, преодолеваемые автомобилями, определяются графоаналитическим методом по динамическому фактору автомобиля  $D$ , выражающему удельную силу тяги автомобиля, которая может расходоваться на преодоление дорожных сопротивлений:

$$D = f \pm i \pm \delta j, \text{ Н/м}, \quad (3.8)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению (формула (3.11));  $i$  – продольный уклон дороги;  $\delta$  – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс автомобиля ( $\delta = 1,04 + n i_k^2$ , где  $n = 0,03 \dots 0,05$ ;  $i_k$  – передаточное число коробки передач);  $j$  – относительное ускорение ( $j = (1/g) (dV/dt)$ , где  $g$  – ускорение свободного падения;  $dV/dt$  – ускорение автомобиля).

Расчет продольного уклона ведется для равномерного движения автомобиля с постоянной скоростью ( $\delta j = 0$ ), в этом случае динамический фактор определяется по формуле

$$D = f \pm i, \quad (3.9)$$

а предельный продольный уклон

$$i_{\max} = D - f. \quad (3.10)$$

Коэффициент сопротивления качению для усовершенствованных видов покрытий при скоростях движения меньше или равных 50 км/ч принимается постоянным, равным  $f = 0,007 \dots 0,012$ , при скоростях движения выше этого значения определяется по формуле

$$f = f_0 [1 + 0,01 (V_p - 50)], \quad (3.11)$$

где  $V_p$  – расчетная скорость автомобиля, км/ч;  $f_0$  – коэффициент сопротивления качению при  $V_p \leq 50$  км/ч.

Значения динамического фактора  $D$  для легковых и грузовых автомобилей находятся по графикам динамических характеристик [3, рис. 1.4 – 1.6] в зависимости от марки и расчетной скорости. Расчеты предельных продольных уклонов выполняются в табличной форме (табл. 3.2).

#### 3.2. Расчеты предельных продольных уклонов, преодолеваемых автомобилями

Тип и марка автомобиля	Динамический фактор, $D$ , Н/Н	Расчетная скорость, $V_p$ , км/ч	Коэффициент сопротивления качению, $f$	Предельный продольный уклон, $i_{\max}$ , ‰

Полученные значения предельных продольных уклонов проверяются по условиям сцепления. Динамический фактор по условиям сцепления рассчитывается при неблагоприятном для движения автомобилей мокром и грязном состоянии покрытия по формуле

$$D_{сц} = \varphi_1 \frac{G_{сц}}{G} - \frac{P_B}{G}, \quad (3.12)$$

где  $\varphi_1$  – коэффициент продольного сцепления автомобильной шины с поверхностью дорожного покрытия ( $\varphi = 0,18 \dots 0,20$ );  $G_{сц}$  – часть веса, приходящаяся на ведущую ось автомобиля, Н;  $G$  – полный вес автомобиля, Н (табл. п. 3.1 и прил.);  $P_B$  – сопротивление воздуха, определяется по формуле

$$P_B = \frac{KFV_p^2}{13}, \text{ Н}, \quad (3.13)$$

где  $V_p$  – расчетная скорость движения автомобиля, км/ч;  $F$  – лобовая площадь автомобиля,  $m^2$ , определяется приближенно по формуле  $F = 0,9BH$  – для автобусов и грузовых автомобилей с кузовом типа фургон;  $F = 0,8 \cdot B \cdot H$  – для остальных типов автомобилей ( $B$  и  $H$  – ширина и высота автомобиля, м, п. 3.1);  $K$  – коэффициент обтекаемости автомобиля,  $kg/m^3$  (0,15 ... 0,34  $kg/m^3$  – для легковых автомобилей; 0,55 ... 0,60 – для грузовых автомобилей; 0,42 ... 0,50 – для автобусов). Значения  $F$  и  $K$  можно определить по [3, табл. 1.4].

Продольный уклон, который может преодолеть автомобиль без пробуксовывания,

$$i'_{\max} = D_{\text{сц}} - f. \quad (3.14)$$

Расчеты выполняются в табличной форме (табл. 3.3).

### 3.3. Расчеты предельных продольных уклонов, преодолеваемых автомобилями по условиям сцепления

Тип и марка автомобиля	$G_{\text{сц}}/G$	Сопротивление воздуха, $P_v, H$	$P_v/G$	Динамический фактор по условиям сцепления $D_{\text{сц}}, H/H$	Предельный продольный уклон, $i'_{\max}, \%$

Для движения автомобиля без пробуксовывания необходимо, чтобы выполнялось условие

$$i'_{\max} > i_{\max}. \quad (3.14)$$

### 3.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ ВИДИМОСТИ

Расчетное расстояние видимости на проектируемой дороге определяется, исходя из трех «схем видимости».

**С х е м а 1.** Остановка автомобиля перед препятствием (расстояние видимости поверхности дороги). Расчет выполняется для горизонтального участка дороги:

$$S_1 = \frac{V_p}{3,6} + \frac{K_3 V_p^2}{254 \cdot \varphi_1} + l_{3,6}, \text{ м}, \quad (3.15)$$

где  $V_p$  – расчетная скорость движения наиболее скоростного автомобиля, км/ч;  $K_3$  – коэффициент, учитывающий эффективность действия тормозов (1,3 – для легковых автомобилей; 1,85 – для грузовых автомобилей, автобусов и автопоездов);  $\varphi_1$  – коэффициент продольного сцепления при торможении на чистых покрытиях ( $\varphi_1 = 0,50$ );  $l_{3,6}$  – зазор безопасности ( $l_{3,6} = 5 \dots 10$  м).

**С х е м а 2.** Торможение двух автомобилей, двигающихся навстречу друг другу. Расчет ведется из предположения, что скорости автомобилей одинаковы, участок дороги горизонтальный, коэффициенты, учитывающие эффективность действия тормозов, одинаковые и равны  $K_3 = 1,3$ . Расстояние видимости будет равно сумме тормозных путей автомобилей, двигающихся навстречу друг другу, двух расстояний, которые пройдут автомобили за время реакции водителей и зазора безопасности между остановившимися автомобилями:

$$S_2 = 2 \left( \frac{V_p}{3,6} + \frac{K_3 V_p^2}{254 \varphi_1} \right) + l_{3,6}, \text{ м}. \quad (3.16)$$

**С х е м а 3.** Обгон легковым автомобилем грузового автомобиля при наличии встречного движения. Расчет ведется из предположения, что легковой автомобиль, двигающийся со скоростью  $V_n = V_p$  обгоняет грузовой автомобиль, двигающийся со скоростью  $V_r$  (скорость движения грузового автомобиля принимается равной минимальной расчетной скорости грузовых автомобилей в составе транспортного потока) с выездом на полосу встречного движения. При этом принимается, что участок дороги горизонтальный, скорость движения встречного автомобиля  $V_b$  больше расчетной скорости грузового автомобиля на 5 км/ч ( $V_b = V_r + 5$ ). Расстояние видимости из условия обгона определяется по формуле

$$S_3 = L_1 + L_2 + L_3, \text{ м}, \quad (3.17)$$

где  $L_1$  – путь, который пройдет легковой автомобиль, когда нагонит грузовой автомобиль и поравняется с ним, м:

$$L_1 = \frac{V_n}{V_n - V_r} (l_2 + l_a),$$

где  $l_2 = l_1 + \frac{K_3 (V_n^2 - V_r^2)}{254 \varphi_1}$  – расстояние между легковым и грузовым автомобилями в момент начала заезда на полосу встречного

движения;  $l_1 = \frac{V_n}{3,6}$  – расстояние, которое пройдет легковой автомобиль за время принятия решения водителем об обгоне;

$l_a$  – длина грузового автомобиля ( $l_a = 3$  м);  $L_2$  – путь, который пройдет грузовой автомобиль за время обгона его легковым автомобилем, м:

$$L_2 = \frac{V_n}{V_n - V_r} (l_3 + l_a),$$



где  $l_3 = \frac{K_3 V_{\Gamma}^2}{254 \varphi_1} + l_{3,6}$  – расстояние, на котором легковой автомобиль должен возвратиться на свою полосу движения;  $L_3$  – путь, который проходит встречный автомобиль за период обгона, м:

$$L_3 = \frac{(L_1 + L_2) V_B}{V_{\Gamma}}$$

На участках в пределах населенных пунктов необходимо определить минимальное расстояние боковой видимости

$$S_{\text{бок}} = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{а}}} S_1, \text{ м}, \quad (3.18)$$

где  $V_{\text{п}}$  – скорость бегущего пешехода, км/ч ( $V_{\text{п}} = 10$  км/ч);  $V_{\text{а}}$  – скорость движения автомобиля, км/ч ( $V_{\text{а}} = 60$  км/ч);  $S_1$  – расчетное расстояние видимости, определенное из условия остановки перед препятствием, м.

Результаты расчета видимости сводятся в табл. 3.4.

### 3.4. Расчетные расстояния видимости

Тип и марка автомобиля	Остановка автомобиля перед препятствием, $S_1$ , м	Торможение двух автомобилей, двигающихся навстречу друг другу, $S_2$ , м	Расстояние видимости из условия обгона, $S_3$ , м	Расстояние боковой видимости, $S_{\text{бок}}$ , м

### 3.6. Определение минимальных радиусов кривых в плане

Наименьший радиус кривых в плане определяется по формуле

$$R_{\text{min}} = \frac{V_{\text{п}}^2}{127(\mu \pm i_{\text{п.ч}})}, \text{ м}, \quad (3.19)$$

где  $V_{\text{п}}$  – расчетная скорость движения автомобиля, км/ч;  $\mu$  – коэффициент поперечной силы;  $i_{\text{п.ч}}$  – поперечный уклон проезжей части, доли единиц.

При определении радиусов кривых в плане считается, что автомобиль движется по слегка увлажненному чистому покрытию и в этом случае  $\mu = \varphi_2$ , где  $\varphi_2$  – коэффициент поперечного сцепления.

*Радиус кривой в плане без виража* определяется для движения автомобиля по наружной относительно центра кривой полосе движения по формуле

$$R_{\text{min}}^{\text{б.в}} = \frac{V_{\text{п}}^2}{127(\varphi_2 - i_{\text{п.ч}})}, \text{ м}, \quad (3.20)$$

где  $\varphi_2 = 0,05 \dots 0,10$ ;  $i_{\text{п.ч}}$  – принимается по [11, табл. 7] в зависимости от категории дороги, дорожно-климатической зоны и типа покрытия дорожной одежды.

*Радиус кривой в плане с виражом* определяется по формуле

$$R_{\text{min}}^{\text{в}} = \frac{V_{\text{п}}^2}{127(\varphi_2 + i_{\text{п.ч}})}, \text{ м}, \quad (3.21)$$

где  $\varphi_2 = 0,15 \dots 0,20$ ;  $i_{\text{п.ч}}$  – принимается по [11, табл. 8] в зависимости от категории дороги и радиуса кривой в плане.

*Длина отгона виража* определяется по формуле

$$L_{\text{отг}} = \frac{b_{\text{п.ч}} i_{\text{в}}}{i_3}, \text{ м}, \quad (3.22)$$

где  $b_{\text{п.ч}}$  – ширина проезжей части, м;  $i_{\text{в}}$  – поперечный уклон виража, принимается по [11, табл. 8];  $i_3$  – дополнительный уклон, возникающий при подъеме наружной кромки проезжей части над проектным уклоном (5 ‰ – для дорог I и II категорий; 10 ‰ – для дорог III-IV категорий в равнинной местности и 20 ‰ – в горной местности [11, п. 4.18\*]).

*Минимальная длина переходной кривой* определяется по формуле

$$L_{\text{min}}^{\text{п.к}} = \frac{V_{\text{п}}^3}{47 I R_{\text{min}}^{\text{в}}}, \text{ м}, \quad (3.23)$$

где  $V_{\text{п}}$  – расчетная скорость движения автомобиля, км/ч;  $I$  – нарастание центробежного ускорения при движении автомобиля на участке переходной кривой ( $I = 0,5 \text{ м/с}^3$ );  $R_{\text{min}}^{\text{в}}$  – минимальный радиус кривой в плане с виражом, м.

*Радиус, при котором видимость поверхности проезжей части будет соответствовать расчетному расстоянию видимости в ночное время*, определяется по формуле

$$R_{\min}^H \cong \frac{30 S_1}{\alpha}, \text{ м}, \quad (3.24)$$

где  $S_1$  – расстояние видимости поверхности дороги, м (п. 3.5);  $\alpha$  – угол рассеивания пучка света фар, градусы ( $\alpha = 2^\circ$ ).  
Все рассчитанные значения радиусов кривых в плане сводятся в табл. 3.5.

### 3.5. Минимальные радиусы кривых в плане

Тип и марка автомобиля	Радиус кривой в плане без виража, $R_{\min}^{б.в}$ , м	Радиус кривой в плане с виражом, $R_{\min}^в$ , м	Длина отгона виража, $L_{отг}$ , м	Длина переходной кривой, $L_{\min}^{п.к}$ , м	Радиус кривой в плане, обеспечивающий видимость в ночное время, $R_{\min}^H$ , м

### 3.7. Кривые в продольном профиле

Минимальный радиус вертикальной выпуклой кривой определяется из условия обеспечения видимости поверхности дорожного покрытия:

$$R_{\min}^{вып} = \frac{S_1^2}{2d}, \text{ м}, \quad (3.25)$$

где  $S_1$  – расстояние видимости поверхности дороги, м (см. п. 3.5);  $d$  – высота глаз водителя легкового автомобиля над поверхностью дороги ( $d = 1,2$  м).

Минимальный радиус вертикальной вогнутой кривой определяется из условия обеспечения видимости поверхности проезжей части дороги в ночное время при свете фар:

$$R_{\min}^{вогн} = \frac{S_1^2}{2(h_{\phi} + S_1 \sin \alpha / 2)}, \text{ м}, \quad (3.26)$$

где  $S_1$  – то же, что и в формуле (3.25);  $h_{\phi}$  – высота света фар легкового автомобиля над поверхностью проезжей части ( $h_{\phi} = 0,75$  м);  $\alpha$  – то же, что и в формуле (3.24).

Радиус вертикальной вогнутой кривой из условия ограничения центробежной силы (за критерий принимается самочувствие пассажиров и перегрузка рессор):

$$R_{\min}^{вогн(ц.с)} = \frac{V_p^2}{6,5}, \text{ м}, \quad (3.27)$$

где  $V_p$  – расчетная скорость легкового автомобиля, км/ч.

Результаты расчетов сводятся в табл. 3.6.

### 3.6. Минимальные радиусы вертикальных кривых

Тип и марка автомобиля	Радиус вертикальной выпуклой кривой, $R_{\min}^{вып}$ , м	Радиус вертикальной вогнутой кривой, $R_{\min}^{вогн}$ , м	Радиус вертикальной вогнутой кривой из условия ограничения центробежной силы $R_{\min}^{вогн(ц.с)}$ , м

### 3.8. Технические нормативы элементов трассы

Полученные расчетом значения технических нормативов проектируемой автомобильной дороги записываются в табл. 3.7 и сравниваются с нормативными значениями, выписанными из [9 – 11].

### 3.7. Технические нормативы элементов трассы

№ п/п	Технические нормативы	Единица измерения	По расчету	По [9 – 11]	Приняты для проектирования

## 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ТРАССЫ ДОРОГИ В ПЛАНЕ

Трассу дороги следует проектировать как плавную линию в пространстве, взаимно увязывая элементы плана, продольного и поперечного профилей между собой и с прилегающей местностью. Трасса должна удовлетворять условиям наимень-

шего ограничения и изменения скорости, обеспечения требований удобства и безопасности движения, хорошо вписываться в окружающий ландшафт местности и отвечать требованиям охраны окружающей среды.

Перед началом проектирования дороги в плане необходимо тщательно изучить прилагаемую к заданию топографическую карту (рельеф местности, наличие контурных и высотных препятствий). Выбор направления трассы определяется категорией дороги, особенностью рельефа местности, гидрологическими и иными условиями.

На карте с горизонталями необходимо запроектировать не менее двух вариантов трассы дороги между заданными пунктами. При этом определенные расчетом технические нормативы элементов трассы, принятые в табл. 3.7, следует рассматривать как минимально допустимые. Рекомендуется использовать нормативы, приведенные в [11, п. 4.20\*], когда это не вызывает роста объемов работ.

К плану трассы предъявляются следующие основные требования:

- трассу дороги следует проектировать кратчайшей по длине (как можно ближе к «воздушной линии») с наименьшими объемами земляных работ и соблюдением норм проектирования;
- пересечение трассой железных дорог следует проектировать преимущественно на прямых участках; угол между пересекающимися дорогами не должен превышать 60°;
- пересечения и примыкания автомобильных дорог в одном уровне, а также пересечения трассой дороги водотоков рекомендуется выполнять под углом, близким к прямому;
- промежуточные населенные пункты дороги I – III категории обходят на расстоянии не ближе 200 м от границы застройки с устройством подъездных дорог, дороги IV–V категорий желательнее пропускать через населенные пункты;
- при обходе населенных пунктов дорогу следует, по возможности, прокладывать с подветренной стороны, ориентируясь на направление ветра в особо неблагоприятные с точки зрения загрязнения воздуха осенне-зимние периоды года в целях защиты населения от транспортного шума;
- под дорогу следует использовать худшие с точки зрения сельского хозяйства земли;
- леса и группы деревьев следует обходить только в степных районах, направление трассы дороги по возможности должно совпадать с направлением господствующих ветров в целях обеспечения естественного проветривания и уменьшения заносимости дороги снегом; трассу следует прокладывать с использованием существующих просек и противопожарных разрывов с учетом категории лесов;
- болота дорогами высоких категорий обходить не следует;
- не допускается проложение трассы дороги по государственным заповедникам и заказникам, а также зонам, отнесенным к памятникам природы и культуры;
- вдоль рек, озер и других водоемов трассу дороги следует прокладывать за пределами защитных зон;
- в районах размещения курортов, детских лагерей, домов отдыха и т.п. трассу дороги необходимо прокладывать за пределами санитарных зон.

При трассировании дороги следует соблюдать общие принципы ландшафтного проектирования:

- при обходе препятствий (контурных, высотных) направление трассы изменяют углом поворота, а перелом дороги для удобства и безопасности движения автомобилей смягчают вписыванием круговых и переходных кривых; вершины углов поворота необходимо располагать так, чтобы препятствие находилось внутри угла, а вершина угла была напротив препятствия, рекомендуется назначать углы поворота в пределах 5° ... 25°;
  - следует совмещать кривые в плане и продольном профиле, при этом кривые в плане должны быть на 100 – 150 м длиннее кривых в продольном профиле, а смещение вершин кривых должно быть не более 1/4 длины меньшей из них;
  - следует избегать сопряжений концов кривых в плане с началом кривых в продольном профиле, расстояние между ними должно быть не менее 150 м;
  - длину прямых в плане следует ограничивать, предельная длина прямых участков зависит от категории дороги и приведена в [11, табл. 15];
  - радиусы смежных кривых в плане должны различаться не более чем в 1,3 раза, параметры смежных переходных кривых рекомендуется назначать одинаковыми;
  - при углах поворота трассы до 8°, наименьший радиус круговой кривой назначают согласно [11, п. 4.34];
  - не рекомендуется короткая прямая вставка между двумя кривыми в плане, направленными в одну сторону, при ее длине менее 100 м рекомендуется заменять обе кривые одной кривой большего радиуса, при длине 100 ... 300 м прямую вставку рекомендуется заменять переходной кривой большего параметра; прямая вставка как самостоятельный элемент трассы допускается для дорог I и II категорий при ее длине более 700 м, дорог III и IV категорий – более 300 м;
  - переходные кривые следует предусматривать при радиусах кривых в плане 2000 м и менее;
  - нельзя допускать устройства кривых малого радиуса в конце затяжных спусков.
- Трассирование дороги по карте выполняется в следующей последовательности:

- на карте соединяются начальная и конечная точки трассы дороги по прямой «воздушной линии»;
- намечаются «контрольные точки» (места обхода трассой дороги контурных и высотных препятствий, пересечения водоемов, существующих автомобильных и железных дорог);
- по предлагаемым направлениям трасс выявляются определяющие элементы рельефа и ситуации (лесные массивы, водные поверхности, сады, населенные пункты и т.п.);
- по каждому из вариантов прокладывается ось трассы в виде ломаной линии, последовательно нумеруются углы поворота вдоль трассы и измеряются с помощью транспортира, в точках перелома трассы дороги вписываются кривые максимального по возможности радиуса, производится разбивка трассы на пикеты и километры;

– составляется ведомость углов поворота, прямых и кривых; форма ведомости и ее размеры приведены в [14].

Разбивка пикетажа ведется от начала трассы до вершины первого угла поворота (ВУ № 1), устанавливается его пикетажное значение (рис. 2). Для продолжения разбивки пикетажа определяются значения начала НК<sub>1</sub> и конца КК<sub>1</sub> первого закругления, выносятся пикеты на кривую и продолжается разбивка пикетажа до вершины следующего угла поворота.

Угол поворота  $\alpha$  измеряется транспортиром, величина радиуса закругления  $R$  назначается исходя из условий рельефа местности и с учетом категории дороги. Параметры круговой кривой – тангенс  $T$ , длина кривой  $K$ , биссектриса  $B$ , домер  $D$  находят по таблицам [5, 6] или вычисляют по формулам:

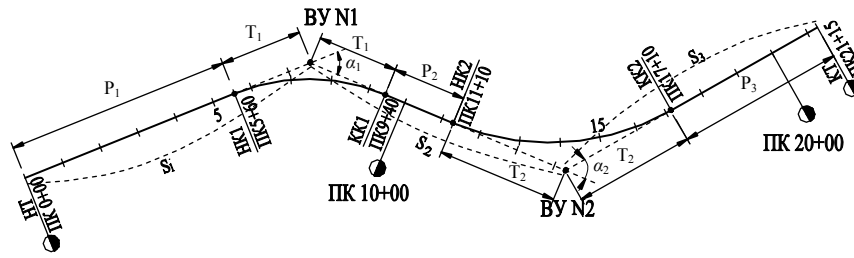


Рис. 2. Схема разбивки трассы дороги

$$\begin{aligned} T &= R \operatorname{tg}(\alpha / 2); \\ B &= R [\sec(\alpha / 2) - 1]; \\ K &= (R \pi \alpha) / 180; \\ D &= 2T - K, \end{aligned} \quad (4.1)$$

где  $R$ , м;  $\alpha$ , град.

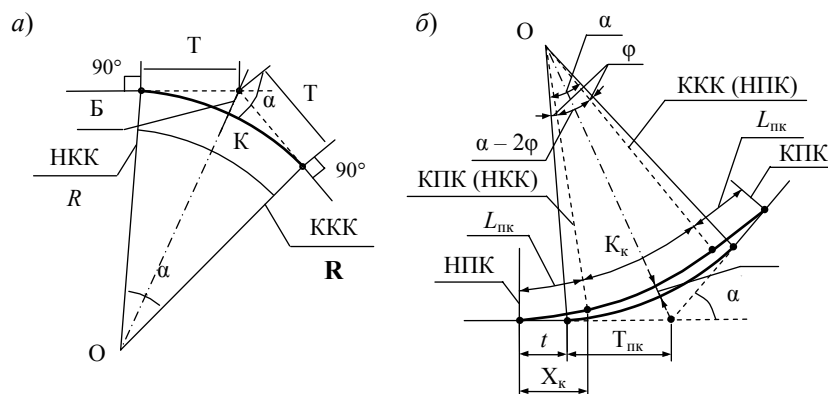


Рис. 3. Элементы закругления:

*a* – элементы круговой кривой;

*б* – элементы круговой кривой с переходными кривыми

Элементы закругления приведены на рис. 3, *a*.

Пикетажное значение начала НК<sub>1</sub> и конца КК<sub>1</sub> первого закругления определяется по схеме:

$$\begin{aligned} \text{ПК ВУ № 1} - T_1 &= \text{ПК НК}_1; \\ \text{ПК НК}_1 + K &= \text{ПК КК}_1. \end{aligned}$$

Аналогично определяются пикетажные значения остальных закруглений.

Геометрическое положение точки начала кривой НК на трассе можно определить, если отложить от вершины угла поворота ВУ величину тангенса  $T$  назад по ходу пикетажа, а положение точки конца кривой КК – вперед по ходу трассы. Пропущенные пикеты в пределах закругления расставляются по кривой с учетом масштаба карты.

При заполнении ведомости углов поворота, прямых и кривых величины  $P_i$  – длина прямой вставки (м) и  $S_i$  – расстояние между вершинами углов (м) определяется по схемам (4.2) и (4.3), рис. 2:

$$\begin{aligned} P_1 &= \text{ПК НК}_1 - \text{ПК НТ}; \\ P_2 &= \text{ПК НК}_2 - \text{ПК КК}_1; \\ P_3 &= \text{ПК КТ} - \text{ПК КК}_2, \end{aligned} \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} S_1 &= \text{ПК ВУ № 1} - \text{ПК НТ}; \\ S_2 &= \text{ПК ВУ № 2} - \text{ПК ВУ № 1} + D_1; \\ S_3 &= \text{ПК КТ} - \text{ПК ВУ № 2} + D_2, \end{aligned} \quad (4.3)$$

где ПК НТ, ПК НК – пикетажные положения начала и конца трассы; ПК НК и ПК КК – пикетажные положения начала и конца закруглений; ПК ВУ – пикетажные положения вершин углов; Д – величина домера для соответствующего угла поворота.

Проверяется правильность заполнения ведомости углов поворота, прямых и кривых, а также разбивки пикетажа по трассе:

$$\sum P + \sum K = \sum S - \sum D = L_{тр}; \quad \sum 2T - \sum K = \sum D. \quad (4.4)$$

Переходные кривые следует предусматривать на автомобильных дорогах при радиусах кривых в плане менее 2000 м. Переходные кривые проектируются в следующей последовательности:

- по заданной величине угла поворота  $\alpha$  и радиусу кривой  $R$  определяются элементы круговой кривой  $T, K, B, D$  по формулам (4.1) или по таблицам [5, 6];
- берется длина переходной кривой  $L_{п.к}$  из табл. 3.7;
- вычисляется угол  $\varphi$ , образованный касательной в конце переходной кривой и осью абсцисс (рис. 3, б), по формуле

$$\varphi = (L_{п.к}/2R) \cdot 57,3; \quad (4.5)$$

- определяется возможность разбивки переходных кривых, т.е. должно соблюдаться условие  $\alpha \geq 2\varphi$ , если  $\alpha < 2\varphi$ , то необходимо увеличить радиус  $R$  или уменьшить длину переходной кривой  $L_{п.к}$ ;

– вычисляются величины основных элементов закругления с переходными кривыми:

параметр переходной кривой	$C^2 = L_{п.к} R;$
координаты конца переходной кривой	$X_K = L_{п.к} - L_{п.к}^5 / (40 C^2),$ $Y_K = L_{п.к}^3 / (6 C) - L_{п.к}^7 / (336 C^3);$
величина сдвижки	$P = Y_K - R (1 - \cos\varphi);$
расстояние от начала переходной кривой до середины круговой кривой	$t = X_K - R \sin\varphi;$
тангенс переходной кривой	$T_{п.к} = (R + P) \operatorname{tg}(\alpha/2) + t;$
составная длина круговой кривой	$K_K = \pi R(\alpha - 2\varphi) / 180;$
полная длина закругления	$K_{п.к} = K_K + 2 L_{п.к};$
домер переходной кривой	$D_{п.к} = 2 T_{п.к} - K_{п.к};$
биссектриса переходной кривой	$B_{п.к} = B_{к.к} + P;$
сокращение трассы за счет вписывания переходных кривых	$\Delta S = D_{п.к} - D_{к.к};$

- устанавливается пикетажное положение характерных точек составной кривой по схемам:

– ПК ВУ $\frac{T_{п.к}}{\quad}$ ПК НПК $+\frac{L_{п.к}}{\quad}$ ПК КПК (НKK) $+\frac{K_K}{\quad}$ ПК КKK (НПК) $+\frac{L_{п.к}}{\quad}$ ПК КПК	Пикетажная отметка середины закругления  $\frac{\text{ПК КПК (НKK)} + \frac{K_K}{2}}{\quad}$ ПК середины $K_K$
--	--

Разбивка переходных кривых производится способом абсцисс и ординат. Для этого вся длина переходной кривой делится на участки, и по табл. [5, 6] определяются необходимые для разбивки координаты  $X$  и  $Y$ . Координаты кривой записываются в табл. 4.1.

#### 4.1. Координаты для разбивки переходных кривых

Номера точек	Пикет, +	Расстояние от начала переходной кривой, м	Координаты для разбивки, м	
			$X$	$Y$

В пояснительной записке дается краткое техническое описание каждого из вариантов трассы с обоснованием (приводятся соображения по выбору радиусов закруглений, мест перехода через овраги, водные препятствия, пересечений железных и автомобильных дорог, обхода населенных пунктов и

т.д.). Дается сравнение вариантов трассы по технико-эксплуатационным показателям в форме табл. 4.2.

#### 4.2. Технико-эксплуатационные показатели вариантов трассы

Наименование показателя	Единицы измерения	Значения показателей по вариантам		Преимущества и недостатки вариантов	
		1 вариант	2 вариант	1 вариант	2 вариант
1. Длина трассы	м				
2. Коэффициент удлинения трассы	–				
3. Количество углов поворота	шт.				
4. Средняя величина углов поворота	град.				
5. Наименьший радиус кривой в плане	м				
6. Средняя величина радиусов кривых в плане	м				
7. Средняя протяженность участков: – лесов; – болот; – с/х оврагов; – населенных пунктов	м				
8. Количество искусственных сооружений: – труб; – мостов	шт.				
9. Количество пересечений с дорогами в одном уровне: – с автомобильными; – с железными	шт.				
10. Количество пересечений с дорогами в разных уровнях: – с автомобильными; – с железными	шт.				

По данным табл. 4.2 вариант трассы, имеющий большее количество преимуществ, принимается для дальнейшего проектирования и оформляется на карте красным цветом, отклоненный вариант – черным.

#### 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

Исходными данными для проектирования продольного профиля автомобильной дороги являются: принятый в п. 4 вариант трассы дороги; значения предельных продольных уклонов и радиусов вертикальных кривых, определенные в табл. 3.7 (рекомендуется использовать нормативы, приведенные в [11, п. 4.20\*]); высота снежного покрова, грунтовые и гидрологические условия, приведенные в задании к курсовому проекту.

При нанесении проектной линии следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- указаниями, приведенными в п. 4;
- переломы проектной линии следует сопрягать вертикальными кривыми (вертикальные кривые устраивают при алгебраической разности смежных участков более 5 ‰ для дорог I и II категорий; 10 ‰ – для дорог III категории; 20 ‰ – для дорог остальных категорий), радиус кривых следует принимать возможно большим, но с учетом размещения тангенсов на элементах между точками перелома рельефа;
- с целью исключения «пилообразности» продольного профиля не следует чередовать участки спусков с последующими подъемами;
- не следует допускать длинные прямые вставки, предельная их длина приведена в [11, табл. 16];
- на одной кривой в плане не следует допускать нескольких вертикальных кривых;
- на длинных участках с общим подъемом не должно быть отдельных элементов с обратным уклоном («потеря высоты»);
- при длительных подъемах с уклоном, близким к максимальному, рекомендуется в начальной и конечной части подъема сделать уклоны меньшие, а в средней – равный максимальному, что будет больше соответствовать динамике движения автомобиля и рельефу местности;

– пересечения автомобильных дорог I – III категорий с железными дорогами следует проектировать в разных уровнях; пересечения IV и V категорий с железными дорогами в разных уровнях осуществляется при пересечении трех и более железнодорожных путей, при интенсивности движения поездов более 100 поездов в сутки и в случаях, когда не обеспечены нормы видимости, приведенные в [11, п. 5.17];

– пересечения и примыкания автомобильных дорог в разных уровнях следует принимать: на дорогах I-а категории с дорогами всех категорий и на дорогах I и II категорий с дорогами II и III категорий; при пересечении дорог III категории между собой и их примыканиях при суммарной перспективной интенсивности движения более 8000 прив. ед./сут.

Проектирование дороги в продольном профиле осуществляется в следующей последовательности:

– вычерчивается продольный профиль поверхности земли по оси дороги, высота каждого пикета определяется методом интерполяции между смежными горизонталями по топографической карте;

– на «черный профиль» наносятся: грунтовый профиль, положение уровня грунтовых вод, расчетные горизонты воды у проектируемых мостов и труб, шурфы и скважины в характерных элементах рельефа (верхняя и нижняя части склонов, плато, понижения и т.п.), указываются вид и мощность слоев грунта;

– указывается положение «контрольных точек», через которые пройдет проектная линия: отметки головки рельсов пересекаемых железных дорог, отметки оси дорожной одежды пересекаемых автомобильных дорог; отметки проектной линии у мостов, путепроводов, водопропускных труб и т.д.

– наносятся руководящие отметки, равные рабочим отметкам начального и конечного пунктов;

– вычерчивается проектная линия, отнесенная к оси проезжей части, с учетом максимального и минимального уклона, в точках ее перелома вписываются вертикальные кривые;

– вычисляются и записываются на продольном профиле: отметки поверхности земли («черные отметки»), проектные «красные» отметки, пикетажное положение точек перехода из насыпи в выемку («нулевые точки», обозначаются на профиле синим цветом);

– проектируется водоотвод из кюветов, резервов, нагорных каналов.

Минимальное возвышение бровки земляного полотна над поверхностью земли (руководящая отметка) определяется, исходя из следующих условий:

– обеспечение устойчивости и прочности верхней части земляного полотна и дорожной одежды возвышением поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 суток) стоящих поверхностных вод, а также над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 суток) стоящих поверхностных вод. Значение руководящей отметки  $H_p$  должно быть не менее значений, указанных в [11, табл. 21];

– обеспечение условий снегонезаносимости дороги. В этом случае руководящая отметка определяется по формуле

$$H_p = h_s + \Delta h, \text{ м}, \quad (5.1)$$

где  $h_s$  – расчетная высота снегового покрова (принимается по заданию), м;  $\Delta h$  – возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова, необходимое для ее незаносимости (1,2 м – для дорог I категории; 0,7 м – II категории; 0,6 м – III категории; 0,5 – IV категории; 0,4 м – V категории).

За руководящую рабочую отметку принимается максимальное значение  $H_p$  из двух условий.

При пересечении железной дороги проектируемой автомобильной дорогой в разных уровнях возвышение проектной линии над головкой рельса (габарит –  $\Gamma$ ) принимается не менее 5,5 ... 6,5 м, конструктивная высота пролетных строений путепровода с учетом толщины защитного слоя, изоляции и дорожной одежды –  $h_{\text{кон}} = 1,0 \dots 1,1$  м.

При проектировании автомобильной дороги, пересекающей существующие дороги в разных уровнях, минимальный габарит в свету ( $\Gamma$ ) над пересекаемой дорогой принимается: I – III категории – 5,0 м; IV–V категории – 4,5 м; конструктивная высота пролетных строений путепровода –  $h_{\text{кон}} = 0,9 \dots 1,1$  м.

Минимально допустимая рабочая отметка насыпи у путепровода определяется по формуле

$$H_p = \Gamma + h_{\text{кон}}, \text{ м}. \quad (5.2)$$

Минимально допустимая рабочая отметка насыпи у водопропускных труб определяется по формулам:

– при безнапорном режиме работы сооружения

$$H_p = d + 2\delta + \Delta, \text{ м}; \quad (5.3)$$

– при напорном режиме работы сооружения

$$H_p = H + \Delta, \text{ м}, \quad (5.4)$$

где  $d$  – внутренний диаметр трубы, м;  $\delta$  – толщина стенок трубы (0,12 ... 0,14 м – для труб круглого сечения; 0,20 ... 0,30 м – для труб прямоугольного сечения);  $\Delta$  – минимально допустимое возвышение бровки земляного полотна над уровнем подпертой воды (0,5 м – при безнапорном режиме работы сооружения; 1,0 м – при напорном и полупапорном режимах);  $H$  – глубина подпертой воды перед трубой, м.

Минимально допустимая рабочая отметка насыпи у мостов вычисляется по формулам:

– для несудоходных рек

$$H_p = H_{\text{рувв}} + \Gamma + h_{\text{кон}}, \text{ м}; \quad (5.5)$$

– для судоходных рек

$$H_p = H_{\text{рсу}} + \Gamma + h_{\text{кон}}, \text{ м}, \quad (5.6)$$

где  $h_{\text{кон}}$  – конструктивная высота пролетных строений моста (0,9 ... 1,1 м – для несудоходных рек; для судоходных рек – 0,9 ... 2,2 м в зависимости от пролета моста);  $H_{\text{рУВВ}}$  – расчетный уровень высоких вод (принимается по карте), м;  $H_{\text{рСУ}}$  – расчетный судоходный уровень, м (условно принимается средняя рабочая отметка между уровнем меженных вод и отметкой берега по карте), м;  $\Gamma_{\text{п}}$  – подъем пролетных строений над расчетным уровнем высоких вод (принимается 0,75 м; при редком карчеходе – 1,5 м; при интенсивном карчеходе – 2,0 м);  $\Gamma$  – судоходный габарит принимается в зависимости от класса реки по СНиП 2.05.03 – 84 (16,0 м – для I класса рек; 14,5 м – II класса; 13,0 м – III класса; 11,5 м – IV–V классов; 9,0 м – для VI класса).

После определения руководящей рабочей отметки и установления высотного положения контрольных точек вычисляются рабочие отметки (разность между проектной «красной» отметкой по оси земляного полотна и отметкой земли по оси проектируемой дороги). Положительные отметки, соответствующие насыпи, записываются над проектной линией продольного профиля, отрицательные отметки, соответствующие выемке, – под проектной линией.

Для обеспечения водоотвода от земляного полотна по боковым канавам на всей протяженности каждого участка канавы – от водораздела до выхода к искусственному сооружению или до места сброса воды из канав – устраивается уклон канавы в одну сторону (величина уклона должна быть не менее 3 ... 5 ‰). Необходимо использовать каждую возможность отвода воды из канав в сторону от дороги в пониженные места, устраивая отводные русла с уклоном не менее 2 ‰. Желательно, чтобы отвод воды от боковых канав в сторону или в искусственное сооружение осуществлялся не реже, чем через 500 м. Не допускается пропуск воды по боковым канавам из насыпи в выемку. Тип укрепления канавы зависит от ее уклона и вида грунта, принимается по [1, табл. 8.3].

Методы проложения проектной линии:

– по *обертывающей проектировке*. Проектная линия по возможности наносится параллельно поверхности земли, отступая на пересечениях пониженных мест рельефа. Метод применяется в условиях равнинного и слабохолмистого рельефов местности, когда уклоны местности меньше предельно допустимых для данной категории дороги. Высота насыпи определяется в зависимости от уровня грунтовых и поверхностных вод, типа грунтов;

– по *секущей проектировке*. При такой проектировке необходимо по возможности соблюдать баланс земляных работ в смежных насыпях и выемках. Метод применяется при холмистом и сильно пересеченном рельефах местности и благоприятных грунтово-геологических условиях. Таким методом в основном проектируются дороги высоких категорий с большой интенсивностью движения.

В курсовом проекте возможно сочетать оба метода.

Проектная линия в продольном профиле наносится методом тангенсов (прямыми участками с вписыванием в их переломы вертикальных кривых) с использованием таблиц для разбивки вертикальных кривых [5, 6]. Элементы вертикальных кривых можно вычислить по упрощенным формулам:

– длина вертикальной кривой

$$K = R (i_1 - i_2), \text{ м}, \quad (5.7)$$

где  $R$  – радиус вертикальной кривой, м;  $(i_1 - i_2)$  – алгебраическая разность сопрягаемых уклонов, в долях единиц;

– тангенс вертикальной кривой

$$T = K/2, \text{ м}, \quad (5.8)$$

– биссектриса вертикальной кривой

$$B = T^2/2R, \text{ м}. \quad (5.9)$$

Ордината любой точки вертикальной кривой (рис. 4), откладываемая от касательной (тангенса) или продолжения уклона определяется по уравнению

$$Y = X^2 / 2R, \text{ м}, \quad (5.10)$$

где  $X$  – расстояние от начала кривой до данной точки, определяется совместным решением уравнения (5.10) и уравнением линии поверхности земли в продольном профиле:

$$Y = a \pm i_0 X, \text{ м}, \quad (5.11)$$

где  $i_0$  – уклон поверхности земли, откуда получается следующая зависимость:

$$X = R i_0 \pm \sqrt{R^2 i_0^2 - 2 R a}, \text{ м}. \quad (5.12)$$

С помощью уравнения (5.10) определяют величины поправок рабочих отметок за счет вписывания вертикальных кривых.

Этот метод рекомендуется применять в условиях равнинного или горного рельефов местности. В этом случае графу «Уклоны и вертикальные кривые» в таблице-сетке [14] заменяют графой «Уклоны и расстояния».

Возможно также нанесение проектной линии методом Н.М. Антонова (вертикальными кривыми, сопрягающимися друг с другом прямыми вставками) с использованием специальных шаблонов и таблиц [7]. Этот метод рекомендуется применять в условиях пересеченного холмистого рельефа местности.

Расстояние до «нулевой точки» от ближайшего пикета в случае постоянного продольного уклона на проектной линии (на прямом участке) находится по формуле

$$X_{\text{лев}} = \frac{h_{\text{лев}} L}{h_{\text{лев}} + h_{\text{пр}}}, \text{ м}, \quad (5.13)$$

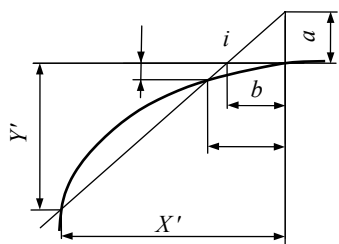


Рис. 4. Схема для определения ординат вертикальных кривых



где  $h_{лев}$  и  $h_{пр}$  – рабочие отметки земляного полотна предыдущего и последующего пикетов, м;  $L$  – расстояние между рабочими отметками, м.

На вертикальной кривой местоположение «нулевой точки» определяется по формуле

$$l = R i_0 \pm \sqrt{R^2 i_0^2 - 2 R a}, \quad (5.14)$$

где  $i_0$  – уклон поверхности земли;  $R$  – радиус вертикальной кривой, м;  $a$  – отрезок вертикали, проходящей через вершину вертикальной кривой, м (рис. 4).

В этом случае расстояние откладывается не от предыдущего пикета вперед, а от вершины вертикальной кривой назад.

При нанесении проектной линии следует также помнить, что:

- на открытой местности с сильными метелями выемки рекомендуется избегать, а высоту насыпи следует назначать на 0,5 ... 0,8 м выше высоты снежного покрова;
- следует избегать мелких выемок большой протяженности, так как такие выемки будут сырыми и снегозаносимыми;
- в выемках расположение проектной линии на горизонтальной площадке не допускается;
- в равнинной местности и на болотах проектную линию можно располагать на горизонтальной площадке, предусматривая мероприятия по отводу воды от земляного полотна;
- искусственные сооружения возможно размещать на любых элементах плана и продольного профиля трассы при условии, что они не должны нарушать ее зрительной плавности.

Продольный профиль вычерчивается на миллиметровой бумаге или ватмане листа стандартного формата с рамкой и боковым штампом. На профиле красным цветом наносятся все проектные решения, фактические данные – черным цветом. В пояснительной записке необходимо дать описание продольного профиля, что является «контрольными точками», чем вызвано введение вертикальных кривых и т.п.

Продольный профиль вычерчивается в соответствии с ГОСТ [14], пример оформления приведен там же. Масштабы вертикального профиля, размеры и вид таблицы-сетки, расположенной под продольным профилем, даны в [14], условные обозначения, применяемые для вычерчивания плана и продольного профиля автомобильной дороги, приведены в [15].

Более подробно проектирование плана трассы и продольного профиля автомобильной дороги рассмотрено в [3, 4].

## 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Исходными данными для проектирования поперечных профилей являются: размеры земляного полотна, установленные в табл. 3.7; климатические условия района проектирования, грунтовые и гидрогеологические условия, приведенные в задании к курсовому проекту; рельеф местности; продольный профиль.

Конструкция земляного полотна принимается на основе решений по продольному профилю с учетом типовых поперечных профилей [16] и требований СНиП [11, п. 6]. В зависимости от высоты насыпи или глубины выемки на продольном профиле (в таблице-сетке) указывается тип поперечного профиля из серии [16].

В пояснительной записке дается краткая характеристика каждого применяемого типа поперечного профиля земляного полотна, его местоположение на продольном профиле (например, тип 1,  $H_{н} < 3,0$  м, ПК 10 + + 23 ... ПК 12 + 27).

Один из типов поперечного профиля в насыпи и выемке привязывается на продольном профиле к конкретным пикетам и вычерчивается согласно [16]. На профиле красным цветом наносятся все проектные решения, остальные данные вычерчиваются черным цветом, указываются рабочие отметки, отметки земли (берутся с продольного профиля), размеры элементов поперечного профиля берутся из табл. 3.7, величины поперечных уклонов проезжей части приведены в [11, табл. 7 или 16], крутизна откосов земляного полотна в зависимости от вида грунтов принимается по [11, табл. 23, 24]), вид поперечного сечения боковых канав (кюветов), их размеры и глубина определяются по [16], крутизна откосов кюветов – по [11, табл. 26].

Все типы поперечных профилей вычерчиваются на миллиметровой бумаге или ватмане листа стандартного формата с рамкой и боковым штампом, используемые масштабы приведены в [14].

## 7. НАЗНАЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Конструкция дорожной одежды принимается на основании категории дороги, климатических характеристик района проектирования, грунтовых и гидрогеологических условий, продольного профиля автомобильной дороги. В соответствии с требованиями СНиП [11, п. 7] и серии [17] определяются тип дорожной одежды по виду покрытия, минимальная толщина слоев и виды материалов.

В курсовом проекте по серии [17] необходимо выбрать не менее двух вариантов дорожной одежды (жесткий и нежесткий типы дорожной одежды).

Для назначения конструкции дорожной одежды необходимо определить количество расчетных автомобилей группы «А» в сутки на одну наиболее загруженную полосу  $N_p$ . Величина  $N_p$  соответствует приведенной интенсивности движения на последний год срока службы, которая согласно [18 или 19] определяется по формуле

$$N_p = f_{пол} \sum_{m=1}^n N_m S_{m сум}, \text{ ед/сут}, \quad (7.1)$$

где  $f_{пол}$  – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним определяется для первой полосы движения от обочины (1,0 – для одной полосы движения; 0,55 – для двух полос движения; 0,50 – для трех полос движения; 0,35 – для четырех полос движения);  $n$  – общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока (за исключением легковых автомобилей);  $N_m$  – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств  $m$ -й марки (за исключением легковых автомобилей), согласно заданию к курсовому проекту;  $S_{m сум}$  – суммарный

коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства  $m$ -й марки к расчетной нагрузке определяется по [18, табл. П.1.3].

По величине  $N_p$ , а также в зависимости от дорожно-климатической зоны, грунта рабочего слоя земляного полотна и степени местности по характеру и степени увлажнения по [17] окончательно принимается два типа дорожной одежды.

Конструкция дорожной одежды вычерчивается на поперечном профиле земляного полотна на миллиметровой бумаге или ватмане листа стандартного формата с рамкой и боковым штампом, используемые масштабы приведены в [14]. Пример оформления чертежа конструкции дорожной одежды приведен в [17].

## 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Исходными данными для определения объемов земляных работ являются рабочие отметки продольного профиля и поперечные профили земляного полотна.

Объем земляных работ определяется по таблицам [8] в зависимости от типа поперечного профиля, высоты рабочих отметок насыпи или выемки, с учетом крутизны заложения откосов, глубины кюветов и наличия растительного слоя грунта.

Если разность смежных рабочих отметок ( $H_1 - H_2$ ) составляет 0,5 м и более, то необходимо учитывать призматoidalную поправку к вычисленным объемам земляных работ согласно [8, табл. 17].

Если ширина проектируемого земляного полотна не соответствует табличной ширине, то вводят поправку на разность этих величин:

$$\Delta V_1 = [(B_1 - B) (H_1 + H_2)/2] L, \text{ м}^3, \quad (8.1)$$

где  $B_1, B$  – принятая и табличная ширина земляного полотна соответственно, м;  $H_1, H_2$  – смежные рабочие отметки, взятые с продольного профиля, м;  $L$  – расстояние между этими отметками, м.

Объемы земляных работ можно вычислить как для призматoidalных оснований по формулам [8]:

$$V = F_{cp} L + (m/12) (H_1 - H_2)^2 L, \text{ м}^3; \quad (8.2)$$

– для насыпей

$$F_{cp} = B (H_1 + H_2)/2 + m (H_1 + H_2)^2/4, \text{ м}^2; \quad (8.3)$$

– для выемок

$$F_{cp} = 2 K_k + B_0 (H_1 + H_2)/2 + (H_1 + H_2)^2/4, \text{ м}^2, \quad (8.4)$$

где  $H_1, H_2, L$ , – то же, что и в формуле (8.1);  $B$  – ширина земляного полотна, м;  $B_0$  – ширина земляного полотна с учетом ширины кюветов, м;  $K_k$  – площадь поперечного сечения кювета,  $\text{м}^2$ ;  $m$  – крутизна откосов.

Первое слагаемое в формуле (8.2) дает основной объем, второе – поправку на разность отметок (призматoidalная поправка). Для откосов 1:3 при разности рабочих отметок до 0,5 м и для откосов 1:1,5 при разности рабочих отметок до 1,0 м эту поправку можно не учитывать.

Объемы подсчитываются для всего протяжения продольного профиля с точностью до  $1 \text{ м}^3$  в табличной форме (табл. 8.1).

8.1. Ведомость попикетного подсчета объемов земляных работ

Пикетажное положение	Расстояние, $L$ , м	Насыпь, $V_n, \text{ м}^3$	Выемка, $V_v, \text{ м}^3$	Кювет		Растительный слой грунта, $V_{p.гр}, \text{ м}^3$
				насыпи, $V_{к.н}, \text{ м}^3$	выемки, $V_{к.в}, \text{ м}^3$	
0 +	00					
	100,00					
01 +	00					
	100,00					
...	...					
09 +	00					
	100,00					
Итого на 1 км						
10 +	00					
	100,00					
11 +	00					
...	...					
Итого на участок						
Всего						

## 9. ДЕТАЛЬ ПРОЕКТА

Деталь проекта задается руководителем курсового проекта.

Возможные варианты детали проекта: расчет элементов переходной кривой или виража, конструирование поперечного профиля с привязкой к местности на косогорном участке и последующим определением объема земляных работ по поперечникам, построение срезки видимости на косогорном участке кривой в плане с определением объема земляных работ, расчет расхода топлива и скорости проезда трассы, составление графика динамических характеристик для одного из автомобилей.

Примеры проектирования приведены в [3, 4].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Бабков, В.Ф. Проектирование автомобильных дорог / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. – М. : Транспорт, 1987. – Ч. 1. – 368 с.
2. Большая советская энциклопедия. – М. : Советская энциклопедия, 1976. – 689 с.
3. Автомобильные дороги (примеры проектирования) / под ред. В.С. Порожнякова. – М. : Транспорт, 1983. – 303 с.
4. Миронов, А.А. Основы проектирования автомобильных дорог / А.А. Миронов, М.Г. Новосельцев. – Челябинск : Уральский филиал МАДИ (ТУ), 2001. – 125 с.
5. Ганьшин, В.Н. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых / В.Н. Ганьшин, Л.С. Хренов. – М. : Недра, 1985. – 430 с.
6. Митин, Н.А. Таблицы для разбивки кривых на автомобильных дорогах / Н.А. Митин. – М. : Недра, 1978. – 469 с.
7. Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах (описание и таблицы) / Н.М. Антонов, Н.А. Боровиков, Н.Н. Бычков, Ю.Н. Фриц. – М. : Транспорт, 1968. – 200 с.
8. Митин, Н.А. Таблицы для подсчета объемов земляного полотна автомобильных дорог / Н.А. Митин. – М. : Транспорт, 1977. – 544 с.

### Нормативные документы

9. ГОСТ Р 52398–2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. – М. : Стандартинформ, 2006.
10. ГОСТ Р 52399–2005. Геометрические элементы автомобильных дорог. – М. : Стандартинформ, 2006.
11. СНиП 2.05.02–85\*. Автомобильные дороги. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 54 с.
12. СНиП 2.01.01–82. Строительная климатология и геофизика. – ЦИТП Госстроя СССР, 1983.
13. СНиП 23-01–99. Строительная климатология. – М. : ФГУП ЦПП, 2000.
14. ГОСТ Р 21.1701–97. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. – М. : Госстрой России, 1997.
15. ГОСТ 21.1207–97. Система проектной документации для строительства. Условные графические обозначения на чертежах автомобильных дорог. – М. : Госстрой России, 1997.
16. Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования. Типовые материалы для проектирования 503-0-48.87. – М. : Союздорпроект, 1987.
17. Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования. Материалы для проектирования. Серия 3.503-71/88.0. – М. : Союздорпроект, 1988.
18. ОДН 218.046–2001. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М. : ФГУП «Информавтодор», 2001.
19. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. – М. : ФГУП «Информавтодор», 2004.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Общие положения .....	3
1.1. Цель и задачи курсового проекта .....	3
1.2. Состав и оформление проекта .....	3
2. Общая характеристика района проектирования дороги .....	4
3. обоснование расчетов технических нормативов .....	5
3.1. Установление класса и технической категории дороги .....	5
3.2. Определение ширины проезжей части с обоснованием необходимого числа полос движения .....	5
3.3. Определение ширины земляного полотна с обоснованием ширины обочин .....	6
3.4. Определение предельных продольных уклонов .....	7
3.5. Определение расстояний видимости .....	9
3.6. Определение минимальных радиусов кривых в плане .....	11
3.7. Кривые в продольном профиле .....	12
3.8. Технические нормативы элементов трассы .....	13
4. Проектирование вариантов трассы дороги в плане .....	13
5. Проектирование продольного профиля .....	20
6. Проектирование поперечных профилей .....	26
7. Назначение конструкции дорожной одежды .....	27
8. Определение объемов земляных работ .....	28
9. Деталь проекта .....	29
Список литературы .....	30
Приложение 1 .....	31

## Технико-эксплуатационные характеристики автомобилей

Параметры	Буквенное обозначение	Грузовые автомобили					Легковые автомобили				
		ГАЗ 53А	ЗИЛ 130-76	Урал 375Н	КАМАЗ 5320	МАЗ 53352	ВАЗ 21011 Жигули	Москвич-2140	ГАЗ-24 Волга	ГАЗ 3102 Волга	ВАЗ 2121 Нива
1. Число осей	–	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2
2. Число ведущих осей	–	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2
3. Полный вес автомобиля с нагрузкой, кН	$G$	74,00	105,25	149,50	153,05	160,00	13,55	14,45	18,75	18,70	15,50
4. Полный вес автомобиля, кН	$G_{ст}$	55,90	79,00	110,00	109,30	100,00	7,40	7,75	9,50	8,90	8,00
5. Грузоподъемность, кН	$\Gamma$	40,00	60,00	75,00	80,00	84,00	4,50	4,50	4,50	6,50	4,10
6. Ширина колеи задних колес, м	$c$	1,69	1,79	2,02	1,85	1,80	1,321	1,27	1,42	1,423	1,40
7. Ширина автомобиля, м	$a$	2,38	2,50	2,50	2,50	2,50	1,61	1,55	1,82	1,846	1,68
8. Длина автомобиля, м	$L$	6,395	6,675	7,611	7,435	8,53	4,043	4,21	4,76	4,96	3,72
9. Высота автомобиля, м	$h$	2,22	2,40	2,56	3,65	3,70	1,458	1,525	1,49	1,476	1,64
10. Максимальная мощность автомобиля, кВт	$N$	115	150	180	210	265	69	75	95	105	80
11. Число оборотов коленчатого вала, об/мин	$n$	3200	3200	3200	2600	2300	5600	5800	4500	4750	5400
12. Передаточное число в коробке передач											
I передача	$i_{k1}$	6,55	7,44	6,17	7,82	7,73	3,75	3,49	3,50	3,50	3,24
II передача	$i_{k2}$	3,09	4,10	3,40	4,03	3,94	2,30	2,04	2,26	2,26	1,99
III передача	$i_{k3}$	1,71	2,29	1,71	2,50	1,96	1,49	1,33	1,45	1,45	1,29
IV передача	$i_{k4}$	1,00	1,47	1,00	1,53	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
V передача	$i_{k5}$	–	1,00	–	1,00	–	–	–	–	–	–
13. Передаточное число главной передачи	$i_0$	6,83	6,32	6,27	7,22	7,78	4,30	3,90	4,10	3,90	4,30
14. Максимальная скорость, км/ч	$V$	80	90	75	100	85	145	135	147	152	132
15. Механический КПД	$\eta$	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
16. Радиус качения колес, м	$r_k$	0,45	0,48	0,46	0,48	0,525	–	–	–	–	–