

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
Высшего профессионального образования  
Донской государственный технический университет

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры  
Автомобильные дороги

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Проектирование плана трассы, продольного и поперечного профилей  
автомобильной дороги.  
(для студентов специальности 08.03.01)

Ростов-на-Дону

2020

УДК 625.7/8

Методические указания. Проектирование плана трассы, продольного и поперечного профилей автомобильной дороги (специальности 08.03.01)

Излагается порядок и правила проектирования плана трассы, продольного и поперечного профилей автомобильной дороги.

Содержащиеся нормативно-справочные рекомендации позволяют значительно упростить поиск расчетных данных, имеющихся в различных литературных источниках. Предназначены для курсового и дипломного проектирования.

Составители: Е.В. Углова

А.Н. Тиратурян

В.В. Акулов

## **Часть 1 Проектирование плана.**

## **I. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ**

### **1.1. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

Для разработки курсового проекта студенту выдается задание, включающее:

1) район проектирования; 2) карту в горизонталях масштаба 1:10000, 1:25000 с указанием территориального района проектирования; 3) данные о потоке автомобилей; 4) геологический разрез; 5) данные по индивидуальной задаче.

На карте указываются начальный или конечный пункты проектирования дороги, либо направления ранее запроектированного или построенного участка дороги, продолжением которого должен стать участок, проектируемый по заданию. Кроме того, на карте могут быть указаны районы или территории, через которые проложение дороги исключено; контрольные точки или районы, по которым проложение дороги необходимо.

Данные о транспортном потоке включают: суточную интенсивность движения в пересчете на 20-летнюю перспективу; состав транспортного потока по видам автомобилей (%).

Геологический разрез содержит сведения о типах грунтов и их мощности в полосе проложения вариантов трассы проектируемой дороги.

В качестве индивидуальных расчетно-графических задач предлагаются:

- детальный расчет разбивки закругления с переходной кривой в плане;
- расчет отгона виража.

При этом исходной информацией служат радиус основной кривой и величина угла поворота. Все необходимые промежуточные данные и параметры принимаются по действующим нормативам по проектированию автомобильных дорог [I] по результатам специальных расчетов с использованием справочных литературных источников [2,4,6,8,9].

## **1.2. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ПРОЕКТА**

Курсовой проект комплектуется из исходной информации (задание), расчетной и пояснительной части (пояснительная записка), графической части (чертежи) и списка использованной литературы.

Первым листом проекта является титульный лист, на котором указываются: кафедра, по заданию которой разрабатывается проект; наименование проекта; данные о студенте, выполнившем работу (Ф.И.О., группа, шифр); фамилия руководителя проекта; год разработки проекта.

После титульного листа располагают задание. Содержание работы должно включать в себя следующие разделы:

1) краткая характеристика района проектирования; 2) назначение категории дороги; 3) расчеты основных геометрических параметров дороги; 4) проектирование конкурирующих вариантов проложения плана дороги; 5) проектирование продольного профиля дороги; 6) расчет объемов земляных работ; 7) сравнение вариантов трассы и расчетного варианта плана; 8) расчеты индивидуального задания; 9) чертежи.

В расчеты геометрических параметров дороги входят определения допустимых (граничных) величин: максимального уклона продольного профиля; максимального радиуса кривой в плане; минимальных радиусов вогнутых и выпуклых кривых в продольном профиле; число полос движения; ширины проезжей части.

Пояснительная записка проекта должна быть объемом 15-30 стр. рукописного текста. Графическая часть проекта состоит из плана трассы дороги на карте; продольных профилей конкурирующих вариантов (не менее двух), поперечных продольных профилей, чертежа индивидуальной задачи.

## **1.3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

Пояснительная записка должна быть написана кратко; избегая изложения от первого лица единственного числа, следует писать: "определено", "принято" и тд.

Записка пишется чернилами или пастой на листах форматом (297x210). Чистые поля листа: слева - 30 мм, справа - 10 мм, верхнее - 15 мм, нижнее - 20 мм. Рамку, разделяющую текст записки и поля, не вычерчивают. Цвет чернил не должен быть красным, зеленым, голубым.

Пояснительная записка должна быть написана строго ориентированно по строкам (под трафарет), аккуратно (число исправлений или помарок не более 3 на странице), на русском языке.

Не допускается использование сокращенных слов, кроме установленных стандартами. Не следует применять разговорные выражения.

Все расчеты выполняются в международной системе единиц (СИ). Каждый раздел пояснительной записки следует начинать с краткой вводной части, поясняющей методику, исходные данные, предпосылки производимых расчетов. Заканчивать раздел необходимо краткими выводами (сводками результатов).

Все страницы пояснительной записки нумеруются арабскими цифрами в пределах середины верхнего поля. Нумерация страниц сквозная. Однако на титульном листе присвоенный номер страницы не пишется. Все разделы пояснительной записки нумеруются арабскими цифрами (кроме введения). Разделы могут состоять из подразделов, а подразделы из пунктов. Разделы, подразделы, пункты должны иметь заголовки. Заголовки разделов пишутся прописными буквами, подразделов и пунктов - строчными. Знаки №, §, слово "Глава" не пишут. Номер раздела указывают одной цифрой, после которой ставят точку. Номер подраздела состоит из номера раздела и номера подраздела, разделенных точкой. Номер пункта - номер подраздела и номер пункта, разделенные точкой. Каждый раздел начинают с новой страницы, а подразделы и пункты продолжают друг за другом без пропусков рабочего поля страницы.

В тексте делаются ссылки на литературные источники, из которых взяты формулы, справочные данные, нормы и т.д. Ссылка делается в виде цифры в квадратных скобках. Цифры соответствуют номерам использованного источника, под которыми они указаны в списке использованной литературы.

Список использованной литературы нумеруется арабскими цифрами. Сведения о книгах, статьях и др. должны включать фамилию и инициалы автора, заглавие источника, место и год издания, издательство, количество страниц источника.

Повторяющиеся данные или результаты расчетов следует объединять в таблицы. Большие по объему таблицы (расчет объемов земляных работ и т.д.) целесообразно размещать в приложениях. Таблицы должны иметь заголовки. Таблицы нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией по порядку приведения в тексте пояснительной записки. При выполнении расчетов приводят формулы, вписывая их чертежным шрифтом.

Формулы нумеруются в пределах раздела арабскими цифрами, указываемыми справа от формулы в круглых скобках. После записи формулы производят расшифровку входящих в нее обозначений с указанием физических величин.

Все чертежи проекта должны быть выполнены по правилам системы проектной документации (СПДС) для строительства. Масштабы чертежей целесообразно назначать следующими: план трассы 1:25000, 1:10000; продольный профиль - горизонтальный 1:5000, вертикальный 1:100; грунтового разреза 1:50; поперечного профиля 1:100; чертежи индивидуальной задачи 1:100 - 1:500. Все чертежи сопровождаются необходимыми надписями и размерами в соответствии с ГОСТом. На одном листе необходимо применять не более трех размеров шрифта. Размеры чертежей назначаются студентом так, чтобы удобно и компактно разместить весь графический и вспомогательный материал в рамках, кратных величинам 210 и 297 мм. Рабочее поле чертежа выделяется рамкой, выполненной сплошной линией 0,6-0,8 мм, отстоящей от кромки слева на 20 мм и от всех других сторон на 5мм. В правом нижнем углу

располагается штамп. Основные чертежи (план трассы, основной принятый вариант продольного профиля) выполняется тушью. Продольный профиль выполняется на миллиметровой бумаге, план - на карте, поперечные профили и чертежи индивидуальной задачи - на чертежной бумаге. Пояснительная записка, приложения и чертежи скрепляются в одну брошюру с обложкой из плотной бумаги. Надписи на обложке делают тушью. Не следует украшать обложку рисунками, виньетками и тл.

#### 1.4. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

$a$  - допустимое центробежное ускорение ( $\text{м/с}^2$ );  $B_{\text{п}}$  - ширина проезжей части дороги ( $\text{м}$ );  $B_3$  - ширина земляного полотна ( $\text{м}$ );  $b$  - ширина обочины ( $\text{м}$ );  $b_{\text{д}}$  - ширина дна кювета ( $\text{м}$ );  $C$  - параметр клотоиды;  $D$  - динамический фактор автомобиля;  $d$  - высота глаза водителя над проезжей частью ( $\text{м}$ );  $e_x$  - передаточное число коробки передач;  $e_o$  - передаточное число главной передачи;  $F$  - лобовая площадь автомобиля ( $\text{м}^2$ );  $\xi$  - поправочный коэффициент: для легкового автомобиля  $\xi = 0,8$ ; грузового  $\xi = 0,9$ ;  $f$  - коэффициент сопротивления качению;  $G$  - вертикальная нагрузка от автомобиля на дорожное полотно ( $\text{Н}$ );  $g$  - ускорение свободного падения ( $\text{м/с}^2$ );  $H$  - рабочие отметки ( $\text{м}$ );  $h_k$  - глубина кювета ( $\text{м}$ );  $h_{\text{ф}}$  - высота центра фары автомобиля над поверхностью дороги ( $\text{м}$ );  $h$  - высота сечения горизонталями ( $\text{м}$ );  $i$  - уклон дороги;  $i_{\text{max}}$  - максимальный продольный;  $i_v$  - уклон виража;  $i_{\text{отг}}$  - уклон отгона виража;  $i_n$  - косой уклон ( $\text{‰}$ );  $K$  - длина кривой ( $\text{м}$ );  $k_v$  - коэффициент сопротивления воздушной среды;  $k_3$  - коэффициент эффективности торможения;  $L$  - длина участка дороги;  $L_{\text{отг}}$  - длина отгона виража;  $L_{\text{пер}}$  - длина переходной кривой ( $\text{м}$ );  $A$  - коэффициент неоднородности движения в течение года;  $M_c$  - крутящий момент на валу двигателя ( $\text{Н}$ );  $M$  - коэффициент масштаба;  $m$  - масса автомобиля ( $\text{кг}$ );  $N_{\text{ч}}$  - часовая интенсивность движения ( $\text{авт/ч}$ );  $N_c$  - суточная интенсивность движения ( $\text{авт/сут}$ );  $N_{\text{пр}}$  - пропускная способность ( $\text{авт/сут}$ );  $n$  - коэффициент заложения откоса земляного полотна;  $n_k$  - заложение откоса



кювета;  $n_c$  - число оборотов коленчатого вала (об/мин);  $P$  - сила;  $P_T$  - сила тяги;  $P_\omega$  - сила сопротивления воздушной среды (Н);  $p$  - сдвигка кривой (м);  $Q_n$  - объем земляных работ в насыпи (м<sup>3</sup>);  $Q_v$  - объем земляных работ в выемке (м<sup>3</sup>);  $R$  - радиус кривой (м):  $R^{\min}$  - минимальный в плане;  $R_{\min}^{\delta\delta\delta}$  - рекомендуемый;  $R_{\min}^{\hat{\delta}\hat{\delta}\hat{\delta}}$  - минимальный выпуклый в профиле;  $R_{\min}^{\hat{\delta}\hat{\delta}\hat{\delta}}$  - минимальный вогнутый для дневных условий;  $R_{\min}^{\hat{\delta}\hat{\delta}\hat{\delta}}$  - то же для темного времени суток;  $r_0$  - статистический радиус колеса автомобиля (м);  $r_k$  - радиус колеса автомобиля с учетом деформации (м);  $S_T$  - расстояние видимости встречного автомобиля (м);  $T$  - тангенс кривой (м);  $t$  - дополнительный тангенс для устройства переходной кривой (м);  $V$  - скорость движения автомобиля (м/с, км/ч);

$W$  - габаритная длина автомобиля (м);  $X$  - расстояние от начала элемента до расчетной точки трассы (м);  $X_b$  - левый зазор безопасности (м);  $X_n$  - минимальное расстояние между смежными горизонталями для напряженного хода трассы (м);  $y$  - координата кривой в плане (м);  $y_b$  - правый зазор безопасности (м);  $Z$  - число полос движения;  $\alpha$  - основной угол поворота трассы (град.);  $\beta$  - вспомогательный угол поворота (град.);  $\gamma$  - угол рассеивания света фар (град.);  $\varepsilon$  - коэффициент неоднородности интенсивности;  $\eta$  - коэффициент полезного действия трансмиссии автомобиля;  $\mu$  - коэффициент поперечной силы;  $\pi$  - коэффициент поперечной силы,  $\pi = 3,14$ ;  $B_k$  - биссектриса круговой кривой (м);  $B_n$  - исправленная биссектриса (м);  $\Gamma$  - габаритная высота автомобиля (м);  $\Pi$  - габаритная ширина автомобиля (м);  $\Pi$  - колея автомобиля (м);  $D$  - домер (м); ВУГ - вершина угла поворота; ПК - пикет; ктр - конец трассы.

#### 1.4. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

$a$  - допустимое центробежное ускорение (м/с<sup>2</sup>);  
 $B_n$  - ширина проезжей части дороги (м);

$B_3$  - ширина земляного полотна (м);  
 $b$  - ширина обочины (м);  
 $b_d$  - ширина дна кювета (м);  
 $C$  - параметр клотоиды;

D - динамический фактор автомобиля;	K - длина кривой (м);
d - высота глаза водителя над проезжей частью (м);	$k_b$ - коэффициент сопротивления воздушной среды;
$e_x$ - передаточное число коробки передач;	$k_\Sigma$ - коэффициент эффективности торможения;
$e_o$ - передаточное число главной передачи;	L - длина участка дороги;
F - лобовая площадь автомобиля ( $m^2$ );	$L_{отг}$ - длина отгона виража;
$\xi$ - поправочный коэффициент: для легкового автомобиля $\xi = 0,8$	$L_{пер}$ - длина переходной кривой (м);
грузового $\xi = 0,9$ ;	A - коэффициент неоднородности движения в течение года;
f - коэффициент сопротивления качению;	$M_c$ - крутящий момент на валу двигателя (Н);
G - вертикальная нагрузка от автомобиля на дорожное полотно (Н);	M - коэффициент масштаба;
g - ускорение свободного падения ( $m/c^2$ );	m - масса автомобиля (кг);
H - рабочие отметки (м); $h_k$ - глубина кювета (м);	$N_q$ - часовая интенсивность движения (авт/ч);
$h_\phi$ - высота центра фары автомобиля над поверхностью дороги (м);	$N_c$ - суточная интенсивность движения (авт/сут);
h - высота сечения горизонталями (м); i - уклон дороги:	$N_{пр}$ - пропускная способность (авт/сут);
$i_{max}$ - максимальный продольный;	p - коэффициент заложения откоса земляного полотна;
$i_v$ - уклон виража;	$p_k$ - заложение откоса кювета;
$i_{отг}$ - уклон отгона виража;	$p_c$ - число оборотов коленчатого вала (об/мин);
$i_n$ - косой уклон (‰);	P - сила;
	$P_T$ - сила тяги;
	$P_\omega$ - сила сопротивления воздушной среды (Н);
	p - сдвигка кривой (м);

$Q_H$  - объем земляных работ в насыпи ( $m^3$ );

$Q_B$  - объем земляных работ в выемке ( $m^3$ );

$R$  - радиус кривой (м);

$R^{\min}$  - минимальный в плане;

$R_{\min}^{\partial\partial\partial}$  - рекомендуемый;

$R_{\min}^{\hat{a}\hat{u}\hat{i}}$  - минимальный выпуклый в профиле;

$R_{\min}^{\hat{a}\hat{i}\hat{a}\hat{a}}$  - минимальный вогнутый для дневных условий;

$R_{\min}^{\hat{a}\hat{i}\hat{a}\hat{i}}$  - то же для темного времени суток;

$r_0$  - статистический радиус колеса автомобиля (м);

$r_k$  - радиус колеса автомобиля с учетом деформации (м);

$S_T$  - расстояние видимости встречного автомобиля (м);

$T$  - тангенс кривой (м);

$t$  - дополнительный тангенс для устройства переходной кривой (м);

$V$  - скорость движения автомобиля (м/с, км/ч);

$W$  - габаритная длина автомобиля (м);

$X$  - расстояние от начала элемента до расчетной точки трассы (м);

$X_B$  - левый зазор безопасности (м);

$X_H$  - минимальное расстояние между смежными горизонталями для напряженного хода трассы (м);

$y$  - координата кривой в плане (м);

$y_B$  - правый зазор безопасности (м);

$Z$  - число полос движения;

$\alpha$  - основной угол поворота трассы (град.);

$\beta$  - вспомогательный угол поворота (град.);

$\gamma$  - угол рассеивания света фар (град.);

$\varepsilon$  - коэффициент неоднородности интенсивности;

$\eta$  - коэффициент полезного действия трансмиссии автомобиля;

$\mu$  - коэффициент поперечной силы;

$\pi$  - коэффициент поперечной силы,  $\pi = 3,14$ ;

$B_K$  - биссектриса круговой кривой (м);

$B_{\Pi}$  - исправленная биссектриса (м);

$\Gamma$  - габаритная высота автомобиля (м);

$\Pi$  - габаритная ширина автомобиля (м);

$\Pi$  - колея автомобиля (м);  $D$  - домер (м);

$V_{УГ}$  - вершина угла поворота;

ПК - пикет;

ктр - конец трассы.

## **2. НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ДОРОГИ**

### **2.1. НАЗНАЧЕНИЕ КАТЕГОРИИ ДОРОГИ И ВЫБОР РАСЧЕТНОГО АВТОМОБИЛЯ**

Категорию дороги устанавливают в соответствии с перспективной интенсивностью движения, указанной в задании на проектирование. Основные нормы проектирования (извлечения из СНиП 2.05.02-85) приведены в прил. 4.

В качестве расчетных (легкового, грузового) автомобилей принимаются автомобили, преобладающие в заданном перспективном потоке автомобилей. В случае, когда число автомобилей двух или более марок одинаково, в качестве расчетного назначают: среди грузовых - автомобиль с большим габаритом по ширине; среди легковых - с большей скоростью движения.

По расчетному легковому автомобилю рекомендуется рассчитывать максимальный уклон продольного профиля; минимальный радиус кривой в плане; радиус кривой в плане; радиус кривой в продольном профиле. По расчетному грузовому автомобилю рекомендуется рассчитывать ширину проезжей части дороги; радиусы кривой в плане; радиус кривой в продольном профиле.

### **2.2. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ РАСЧЕТОВ**

Расчет величины максимального уклона продольного профиля дороги

$$F = \text{Ш} \cdot \Gamma \cdot \xi, \quad (1)$$

$$P = F \cdot k_B \cdot V^2 \quad (2) \quad ( ) \quad (2)$$

$$P_{\omega} = - \frac{M_e \cdot e_k \cdot e_o \cdot \eta}{r_k} \quad (3)$$

$$G = m \cdot g \quad (4)$$

$$D = \frac{P_T - P_\omega}{G} \quad (5)$$

$$i_{\max} = D \cdot f, \quad (6)$$

Расчет величины радиуса кривой в плане

$$R_{\min}^{\text{бын}} = \frac{v_1^2}{127(\mu + i_B)} \quad (7)$$

$$R_{\min}^{\text{рек}} = \frac{v_1^2}{127(\mu - i)} \quad (8),$$

Расчет величины радиусов кривой в продольном профиле

$$L_1 = V_1 \quad (9)$$

$$L_2 = \frac{k_g \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot (\varphi \pm i + f)} \quad (10)$$

$$S = L_1 + L_2 + W, \quad (11)$$

$$R_{\min}^{\text{бын}} = \frac{S^2}{2 \cdot d}, \quad (12)$$

$$R_{\min}^{\text{возд.}} = \frac{V_1^2}{13 \cdot a} \quad (13)$$

$$R_{\min}^{\text{возн.}} = \frac{S^2}{2(h_\phi + S \cdot \operatorname{tg} \gamma)} \quad (14)$$

Расчёт числа полос движения

$$z = \frac{N_1 \cdot \varepsilon}{N_{np} \cdot \Delta} \quad (15)$$

$$N_u = N_o / 10 \quad (16)$$

$$N_{np} = \frac{V_1}{1000 \cdot S} \quad (17)$$

Расчёт ширины проезжей части

$$B_{II} = \left[ \frac{III + II}{2} + (Y_\delta + X_\delta) \right] \cdot 2 \quad (18)$$

$$y_\delta = x_\delta = 0,5 + 0,005 \cdot V_1 \quad (19)$$

Расчёт основных элементов закругления в плане

$$T = R \cdot \operatorname{tg}(\alpha \cdot 2) \quad (20)$$

$$K = \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \quad (21)$$

$$B_{\kappa} = R(\sec \frac{\alpha}{2} - 1) \quad (22)$$

$$t = L_{nep} / 2 \quad (23)$$

$$D = 2T - K \quad (24)$$

Расчёт основных элементов закруглений в продольном профиле

$$K = R(i_1 - i_2) \quad (25)$$

$$T = K / 2 \quad (26)$$

$$B = T^2 / 2 \cdot R \quad (27)$$

$$y = x^2 / 2 \cdot R \quad (28)$$

Расчёт объёмов земляных работ

Насыпь

$$Q_H = \left[ \frac{B_3(H_1 + H_2)}{2} + \frac{n}{4}(H_1 + H_2) + \frac{n}{12}(H_1 + H_2) \right] \cdot L \quad (29)$$

Выемка

$$Q_B = \left[ \frac{B_3 + b_k}{2}(H_1 + H_2) + \frac{n}{4}(H_1 + H_2) + \frac{n}{12}(H_1 + H_2) \right] \cdot L \quad (30)$$

$$b_k = 2 \cdot n_k \cdot h_k + b \quad (31)$$

Расчёт элементов виража

$$i_b = \frac{V_1^2}{127 \cdot R} \quad (32)$$

$$i_k = \sqrt{i_b^2 + i_H^2} \quad (33)$$

$$L_{omz} = \frac{B_n \cdot i_b}{i_{omz}} \quad (34)$$

$$x = R \cdot L / 2000 \quad (35)$$

Расчёт элементов детальной разбивки сложной кривой в плане

$$L_{nep} = \frac{V^3}{47 \cdot R \cdot \alpha} \quad (36)$$

$$C = L \cdot R \quad (37)$$

$$\beta = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot 57,3 \quad (38)$$

$$2\beta \leq \alpha \quad (39)$$

$$y = x^3 / 6 \cdot c \quad (40)$$

$$\alpha' = \alpha - 2\beta \quad (41)$$

$$p = y_0 - R(1 - \cos \beta) \quad (42)$$

$$t = L - R \cdot \sin \beta \quad (43)$$

$$B_n = B_\kappa + p \quad (44)$$

Прочие расчёты

$$x_n = \frac{1000 \cdot h \cdot M}{i_{\max}} \quad (45)$$

### 2.3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТОВ

Максимальный продольный уклон дороги определяется по формуле (6) из условий движения расчетного легкового автомобиля на прямой передаче с максимальной скоростью (но не больше расчетной скорости, соответствующей принятой категории дороги). Категория дороги назначается согласно интенсивности перспективного движения в соответствии с действующими нормами [1]. Величину коэффициента сопротивления качению ( $f$ ) принимают равной:

для дорог I-II категорий 0,01 - 0,02;

для дорог III-IV категорий 0,02 – 0,25.

Динамический фактор расчетного автомобиля определяют по формуле (5). Силу тяги рассчитывают по формуле (3). Технические характеристики расчетного автомобиля принимаются по специальным справочникам, например [2], или по данным, приведенным в прил. 1. Сопротивление воздушной среды рассчитывается по формуле (2) с привлечением формулы (1) и данных прил. 1

Величину минимального радиуса кривой в плане на выраже определяют по формуле (7). Значение коэффициента поперечной силы ( $\mu$ )



рекомендуется принимать равным 0,15. Поперечный уклон виража принимают равным 0,060 для нормальных условий и 0,040 для районов с частыми гололедами.

Величину минимального радиуса кривой в плане с двухскатным поперечным профилем определяют по формуле (8). Величину поперечного уклона ( $i$ ) следует принимать согласно прил. 2.

Величину минимального радиуса выпуклой кривой в продольном профиле определяют по формуле (12) с использованием (9), (10), (11) и данных прил. 1 и 3. При выполнении расчетов допускается принимать  $f = 0$ . Параметр определяется для легковых и грузовых автомобилей и в качестве расчетного принимается большая величина.

Величину минимального радиуса вогнутой кривой в продольном профиле определяют по двум состояниям: движение днем; движение ночью - для движения легкового и грузового автомобиля. Из этих результатов выбирается большая величина. Расчеты ведутся по формулам (13), (14) с использованием формул (9), (10), (11) и прил. 1 и 3.

РАСЧЕТ ЧИСЛА полос движения выполняют по формуле (15) с использованием формул (16), (17). Коэффициенты неоднородности движения при отсутствии более точных данных следует принимать равными: коэффициент неравномерности в течение суток - 1,3; коэффициент неравномерности в течении года - 1,45. Полученный результат необходимо округлить в большую сторону до целого числа.

ШИРИНА ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ определяется по формуле (18). Зазоры безопасности могут быть определены по формуле (19).

## 2.4. Выбор и назначение параметров проектируемой дороги

Величины основных параметров проектируемой дороги принимаются после сравнения и выбора расчетных и нормативных величин. При этом выбирают величины, обеспечивающие лучшие условия реализации дорожного движения (радиусы кривых, ширина проезжей части, число полос движения - большая величина, продольный уклон - меньшая величина; Сравнение и выбор параметров проектируемой дороги целесообразно выполнять в табличной форме (см. таблицу 1).

Таблица 1

Параметр	Ед- изм.	По расчету	СП 34.13330. 2012	Принятая величина
Расчетная скорость	км/ч			
Максимальный продольный уклон	‰			
Минимальный радиус кривой в плане	м			
Минимальный радиус вогнутой кривой в продольном профиле	м			
Минимальный радиус выпуклых кривых в продольном профиле	м			
Число полос движения	шт.			
Ширина проезжей части	м			

## 3.ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ТРАССЫ ДОРОГИ

Проектирование геометрических параметров автомобильной дороги осуществляют методом сечения. При этом используют три сечения: горизонтальная проекция оси проектируемой дороги; проекция оси проектируемой дороги на вертикальную плоскость, проходящую через линию плана дороги (вертикальная развертка); проекция земляного полотна проектируемой дороги на вертикальную плоскость, перпендикулярную оси дороги. Эти проекции являются основными документами, описывающими пространственное положение проектируемой дороги, и соответственно называются: план трассы; продольный профиль; поперечный профиль

автомобильной дороги. Поперечный профиль назначается из арсенала типовых решений или конструируется и рассчитывается индивидуально для каждого отрезка проектируемой дороги с учетом конкретных условий, влияющих на принятие решения.

Последовательность разработки названных документов: проектирование продольного профиля; проектирование поперечного профиля дороги. При этом решения по следующим документам принимают со строгой увязкой с решениями, принятыми по ранее разработанным документам (соответственно план трассы, продольный профиль).

### **3.1. План трассы**

Проложение автомобильной дороги в плане осуществляется с учетом большого числа факторов, среди которых: природно-климатические, параметры ожидаемого транспортного потока, ландшафтов, ситуация, рельеф, геология и т.д., природно-хозяйственное значение и т.п. Выбранное в качестве окончательного, решение плана трассы во многом определяет основные показатели дорожного движения (скорость, безопасность, комфортабельность, экологическое равновесие и др.). Кроме того, это решение во многом определяет стоимость строительства дороги (т.к. от него зависит число и сложность искусственных сооружений, протяженность дороги, объем земляных работ, площадь отводимых под дорогу земель и др.).

Все это определяет сложность принимаемых решений при проектировании плана трассы автомобильной дороги. В связи с разнообразием и большим числом определяющих факторов сразу наметить оптимальный вариант проложения трассы невозможно. Для того чтобы найти оптимальное, наилучшее (или близкое к нему) проложение плана трассы, назначают два или несколько возможных вариантов. Сравнивают их по принятым критериям и выбирают лучший, который рекомендуется для строительства.

При назначении вариантов следует помнить, что явно проигрывающие варианты для сравнения не принимают. Необходимо проводить сравнение конкурентоспособных вариантов. Учитывая ограниченность по времени разработки проекта, не следует назначать число вариантов более трех.

При назначении элементов плана и продольного профиля в качестве основных параметров следует принимать:

продольные уклоны - не более 30‰ ; расстояние видимости для остановки автомобиля - не менее 450 м; радиусы кривых в плане - не менее 3000 м ; радиусы кривых в продольном профиле; выпуклых - не менее 70000 м ; вогнутых - не менее 8000 м ; длины кривых в продольном профиле; выпуклых - не менее 300 м ; вогнутых - не менее 100 м .

Если по условиям местности не представляется возможным выполнить указанные требования или выполнение их связано со значительными объемами работ и стоимостью строительства дороги, при проектировании допускается снижать нормы на основе технико-экономического сопоставления вариантов. При этом предельно допустимые нормы надлежит принимать по табл. 2 [1], исходя из расчетных скоростей движения по категориям дорог.

Таблица 2

Расчетная скорость, км/ч	Наибольшие продольные уклоны	Наименьшее расстояния видимости, м		Наименьшие радиусы кривых, м				
		для остановки	встречного автомобиля	в плане		в продольном профиле		
				основные	в горной местности	выпуклых	вогнутых	
							основные	в горной местн.
150	30	300	-	1200	1000	30000	8000	4000
120	40	250	450	800	600	15000	5000	2500
100	50	200	350	600	400	10000	3000	1500
80	60	150	250	300	250	5000	2000	1000
60	70	85	170	150	125	2500	1500	600
50	80	75	130	100	100	1500	1200	400
40	90	55	110	60	60	1000	1000	300
30	100	45	90	30	30	600	600	200

В случае, когда начальным (конечным) пунктом является населенный пункт, дорога должна являться прямым продолжением одной из улиц.

Возможно, но менее желательно, примыкание проектируемой дороги к улице под прямым углом. Дороги I и II категорий должны обходить населенные пункты с устройством подъездных дорог. Следует избегать проложения трассы по карстовым и оползневым местам, по болотам, по садам и ценным сельскохозяйственным угодьям. В степных районах следует обходить леса и группы деревьев, используя их как ландшафтные доминанты. При пересечении дорогой лесных массивов следует избегать сквозных прямых. При входе в лес и выходе из него целесообразно устраивать кривые.

Большие водотоки, существующие автомобильные и железные дороги желательно пересекать под углом, близким к  $90^\circ$ .

При проложены и дорог в равнинной местности следует избегать больших прямых вставок (более 3 - 4 км). При малых углах поворота целесообразно назначать большие радиусы кривых в плане. Радиусы соседних кривых не должны отличаться по величине более чем в 1,3 - 1,5 раза. Если кривые обращены в одну сторону, их следует объединять в одну (целесообразно или увеличить радиусы, добившись сопряжения, или расположить между ними переходные кривые).

Переходные кривые следует предусматривать при радиусах кривых в плане 2000 м и менее, а на подъездных дорогах всех категорий - 4000 м и менее. Наименьшие длины переходных кривых следует принимать по табл. 3.

Таблица 3

Радиус круговой кривой, м	30	50	60	80	100	150	200	250	300	400	500	600-1000	1000-2000
Длина переходной кривой, м	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	100

На закруглениях трассы детально разбивают переходные и круговые кривые. При радиусе, большем 500 м, кривую разбивают через 20 м, при радиусе менее 500 м - через 10 м, при радиусе менее 100 м - через 5 м.

Наиболее распространенный способ детальной разбивки кривых - способ прямоугольных координат. Для совместной детальной разбивки переходных и круговых кривых из соответствующих таблиц по значениям

радиуса  $R$  круговой кривой и длине  $L$  переходной кривой выбираются разности  $K$ -х (кривая без абсциссы) и ординаты  $y$ . Разбивку ведут от конечных точек начала первой переходной кривой НПК1 и начала второй переходной кривой НПК2 к середине круговой кривой (рис. 1). Вдоль тангенсов откладывают длины кривых  $K1$ , соответствующие интервалу разбивки, отмеряя назад значения  $K$ -х. В найденных точках восстанавливают перпендикуляры и откладывают ординаты  $y$ , определяя точки кривой.

Прямоугольные координаты могут быть рассчитаны по формуле (40).

В стесненных условиях для разбивки кривой применяют способ хорд. В этом способе положение точек переходных и круговых кривых определяют построениями от хорд. Длину хорды выбирают равной 100 м и более с таким расчетом, чтобы наибольшая ордината  $y$  не превышала 2 - 3 м.

Направления хорд задают при помощи теодолита по углам  $\delta$ ,  $\delta_1$  и  $\theta$ . Углы находят по формулам

$$\operatorname{tg} \delta = y_i / x_i$$

$$\delta_1 = \phi_1 + \theta/2 - \delta$$

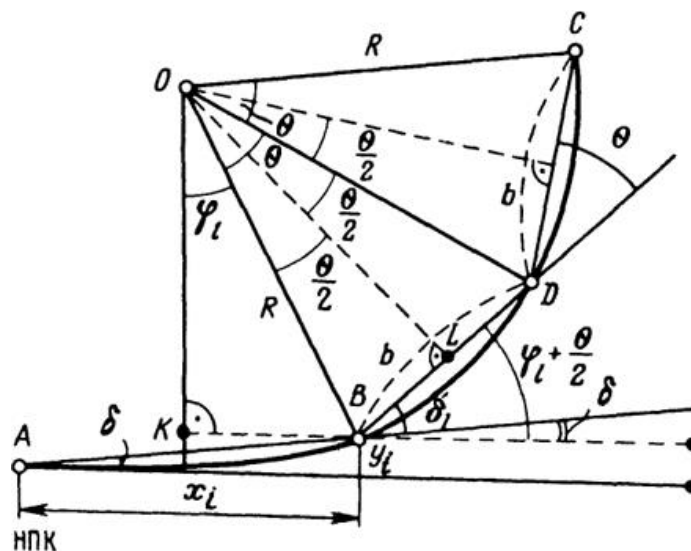


Рис 1. Схема разбивки кривой способом прямоугольных координат

При трассировании в сложных условиях рельефа (крутые склоны) для выяснения общего направления трассы целесообразно ее проложить напряженным ходом. Для этого необходимо определить минимальное

расстояние между соседними горизонталями в масштабе карты, соответствующее максимальному продольному уклону. Далее раствором циркуля, равным определенному по формуле (45) расстоянию, делают засечки на соседних горизонталях вверх и вниз по склону. Получают ломаную линию, являющуюся основой плана трассы на этом участке с максимальным допустимым дополнительным уклоном. Расчет элементов плана трассы проводят с использованием формул (20) - (24).

Варианты трассы на карте наносятся сплошной линией толщиной около 1 мм, тангенсы кривых - тонкими линиями 0,3 мм. На вариантах разбивается пикетаж и указываются проектные километры.

У вершин угла поворота ставится его номер. Определяются параметры всех элементов прямых и кривых и заполняется ведомость углов поворота кривых и прямых по форме, приведенной в прил. 5. Определение параметров плана целесообразно выполнять с помощью ЭВМ. Вместе с тем необходимо показать умение пользоваться правилами ручного счета.

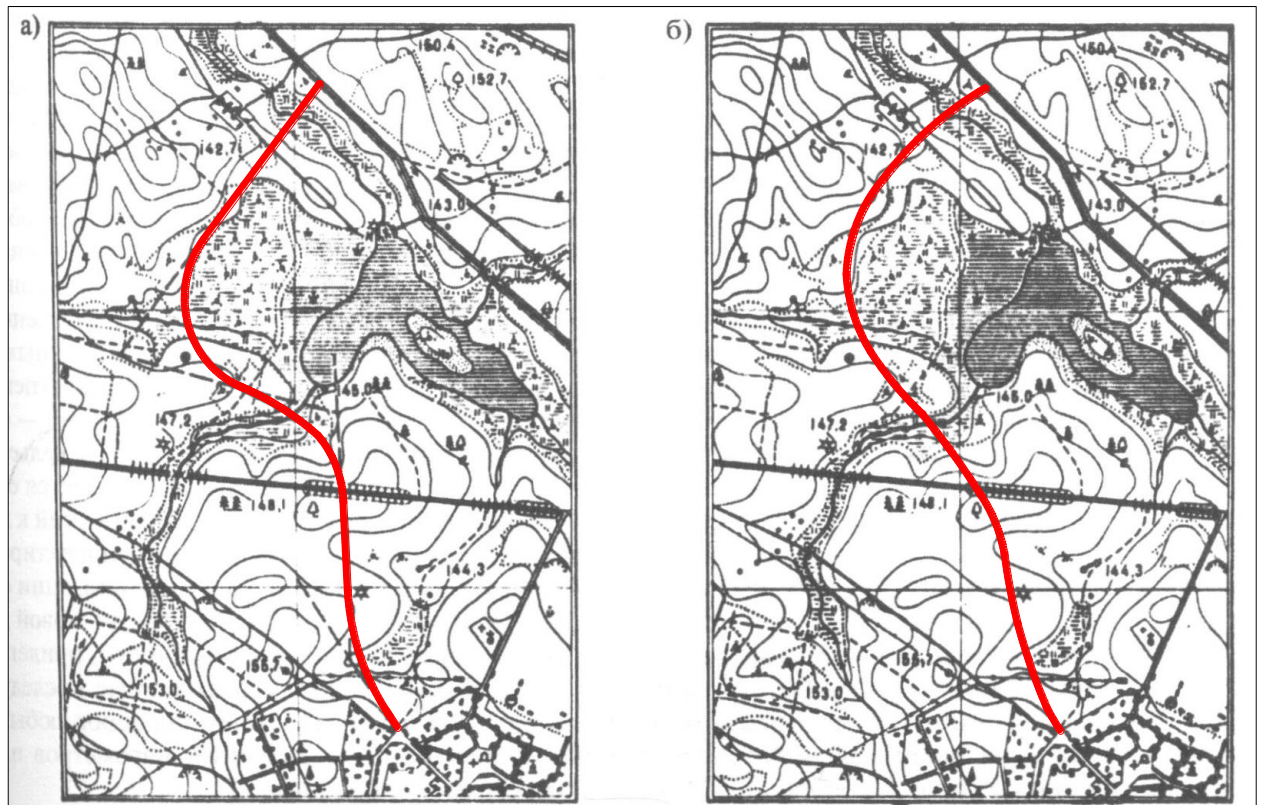
### **3.1.1 Методы проложения трассы а.д.**

Традиционный принцип трассирования а.д. «тангенциальное трассирование» состоит в том, что на план, либо на карту наносят с помощью линейки ломаный (тангенциальный) ход, в изломы которого вписывают круговые кривые либо кривые со вспомогательными переходными. Минимальные радиусы закруглений принимают не менее значений, определяемых действующими нормативами для автомобильных дорог соответствующих категорий.

**Основной недостаток:** магистральный ход, укладываемый сообразно рельефу и ситуации, во многом определяет положение самой трассы автомобильной дороги в плане. Что приводит к получению негибкой пространственной линии а.д. с невыдержанными принципами обеспечения зрительной ясности и плавности трассы, которая нередко характеризуется наличием длинных прямых и коротких круговых кривых минимальных радиусов, наличием

закруглений в плане за переломами продольного профиля, повышенными объемами земляных работ, повышенной аварийностью.

Применим когда направления трассы, определяющие углы поворота, жестко фиксированы ситуационными условиями (в населенных пунктах, при реконструкции). В остальных случаях его использовать не следует как при ручном, так и при автоматизированном способе проектирования.



***Рис. Трасса автомобильной дороги, запроектированная методами: а- тангенциального трассирования; б-«гибкой линейки» (клотоидное трассирование)***

Принцип «гибкой линейки» является основой автоматизированного проектирования плана а.д.

Суть: на плане или карте, сообразуясь с рельефом и ситуацией, вписывают плавную линию от руки или с помощью специальной гибкой линейки – сплайна. При этом положение магистрального хода – углы поворота, положение их вершин, параметры закруглений определяются трассой а.д.,



уложенной в рельеф и ситуацию, а не наоборот, как при тангенциальном трассировании.

Принцип «гибкой линейки» исп. при неавтоматизированном проектировании, когда закругления трассы представлены лишь в виде обычных круговых кривых либо кривых со вспомогательными переходными. Для этого по плавной эскизной линии трассы а.д. устанавливают положение магистрального хода, измеряют углы поворота  $\alpha$  и по масштабу значения биссектрис  $B$  на закруглениях. По известным значениям  $\alpha$  и  $B$  определяют радиусы закруглений с последующим их округлением до кратных значений:

$$R = \frac{B}{(\sec \alpha / 2 - 1)}$$

Использование принципа позволяет обеспечить наибольшую зрительную плавность и ясность трассы, уровни удобства и безопасность движения. Укладку и расчет трассы осуществляют вручную с использованием прозрачных шаблонов клотоид и круговых кривых и автоматизировано.

В учебных целях в курсовом проекте применяется метод «тангенциального трассирования» как наиболее легко осуществляемый «ручным» способом.

### **3.1.1.Трассирование по карте**

В задании на проектирование даны две точки - начальная и конечная, между которыми должна быть запроектирована трасса дороги.

Прямая, соединяющая эти точки, называется воздушной линией (на карте ее показывают пунктиром) . По направлению воздушной линии встречаются естественные препятствия, которые целесообразно по техническим и экономическим соображениям обойти или пересечь в наиболее удобном месте.

Это вызывает отклонение трассы дороги от воздушной линии и ее удлинение. Трассирование нескольких вариантов и их сравнение позволяют выбрать наилучшее направление трассы дороги.

При трассировании вариантов автомобильной дороги по карте положение трассы определяют по положению вершин углов поворота и направлению (румбы) прямых линий, соединяющих эти углы. Расстояние между вершинами углов измеряют масштабной линейкой с точностью до 0,2 мм (что соответствует 5м на местности при  $M:25000$ ), румбы линий (или углы поворота) - по транспортиру с точностью до 15'.

Кривые вписывают в углы поворота, подбирая для каждой из них согласно ситуации местности соответствующий радиус. Учитывая требования удобства движения и возможность перевода дороги со временем в высшую техническую категорию, назначают по возможности большие радиусы кривых в плане (более 2000-3000 м), применяя минимальные радиусы лишь в исключительных случаях[1].

Между заданными пунктами должно быть запроектировано не менее двух вариантов трассы. По каждому варианту разбивают пикетаж. Для этого от начала трассы откладывают в масштабе карты отрезки, равные 100м, в конце которых черточкой высотой в 2мм отмечают пикет. Каждый пятый пикет надписывают. Каждый километр обозначают знаком высотой 1,5см. Дойдя до вершины угла, определяют ее местоположение (пикетаж) относительно начала трассы.

Устанавливаем пикетажное положение начала закругления НЗ,  $НЗ=ВУ-Т$ .

ВУ<sub>1</sub> ПК 8+12,50  
Т 5+69,58  
-----

НЗ<sub>1</sub> ПК 2+42,92  
Пикетажное положение конца закругления  $КЗ=НЗ+К_3$ .

НЗ<sub>1</sub> ПК 2+42,92  
К 11+25,75  
-----

КЗ1 ПК 13+68,67

Расстояние между вершинами углов  $S$  равно пикетажному положению данного угла  $В_{уп}$  минус пикетажное положение предыдущего угла  $В_{уп-1}$  плюс величина домера предыдущего угла  $Д_{a-1}$

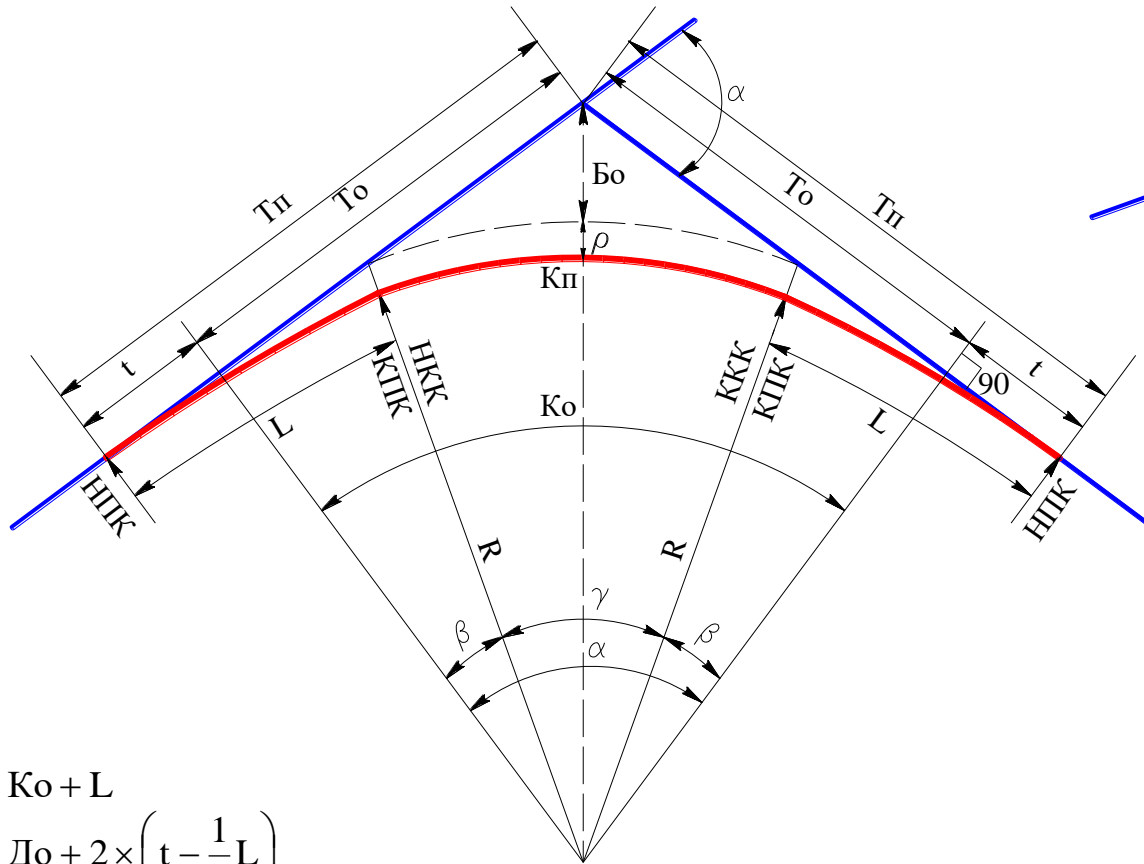
Так как в нашем примере рассматривается первый угол поворота, то вместо пикетажного положения предыдущего угла принимаем начало трассы НТ-ПК 0+00, а величину домера  $Д=0$ . Тогда

$ВУ_1$  ПК 8+12,50

НТ 0+00,00

---

$S$  8+12,50     $S=812.50$



$$K_{\pi} = K_0 + L$$

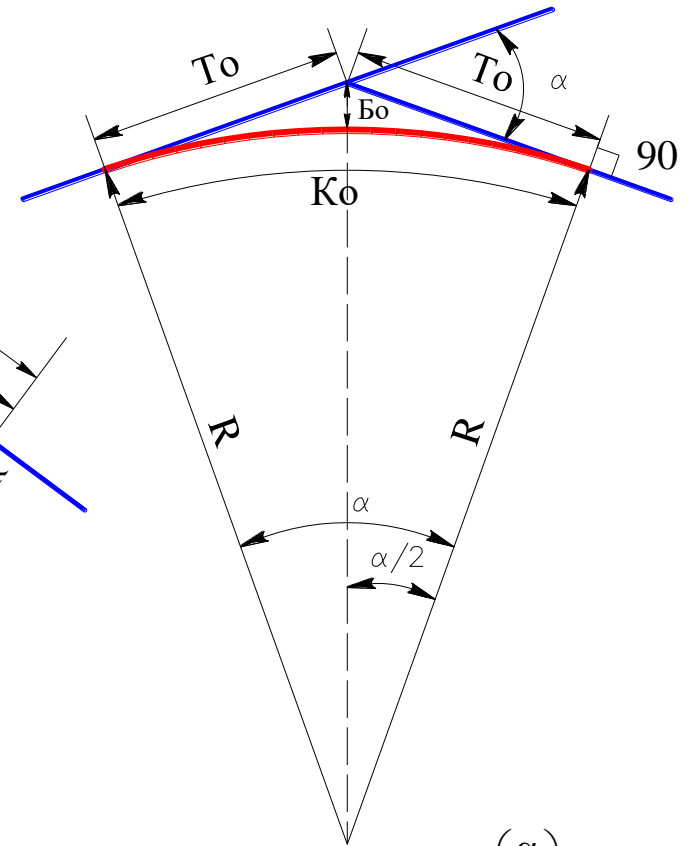
$$D_{\pi} = D_0 + 2 \times \left( t - \frac{1}{2} L \right)$$

$$B_{\pi} = B_0 + \rho \times \sec\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$T_{\pi} = T_0 + t$$

$$t = \rho \times \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \frac{L}{2} - \frac{L}{60} \times \beta^2 + \frac{L}{2160} \times \beta^4 - \dots$$

$$\rho = \frac{L}{12} \times \beta - \frac{L}{336} \times \beta^3 + \frac{L}{15840} \times \beta^5 - \dots$$



$$T_0 = R \times \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$B_0 = R \times \left( \sec\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 1 \right)$$

$$K_0 = \frac{\pi R \times \alpha}{180}$$

$$D_0 = 2T - K$$

Таблица 4

Углы						Кривые, м								
№	Положение			Величина		круговые				переходные				Длина
	КМ	ПК	+	α, лево	α, право	R	To	Ko	Bo	L	t	P	K'	Закругление K2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
НТ	0	00	00											
1	0	8	12,50		21°30'	3000	569,58	1125,75	53,58	-	-	-	-	1125,75
2	2	20	65,00	26°00'		600	138,52	272,27	15,78	120	59,99	1,00	152,11	392,11
КТ	4	42	60, 00											
				26'00'	21'30'	708,10				120	59,39	1517,86		

Продолжение табл.4

						Прямые			Рубленный пикет		Примеч.
Домер	Начало		Конец		Расст. между вершинами углов S, м	Длина P, м	Румбы		ПК	Протяжен- ность, м	
Д	ПК	+	ПК	+			Наблюд.	Вычисл.е			
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
					812,50	242,92	СВ:64°00				
13,41	2	42,92	13	68,67	1265,91	497,82		СВ:85°30'			
4,91	18	66,49	22	58,60	2199,91	2001,40		СВ:59°30'			
18,32					4278,32	2742,14					

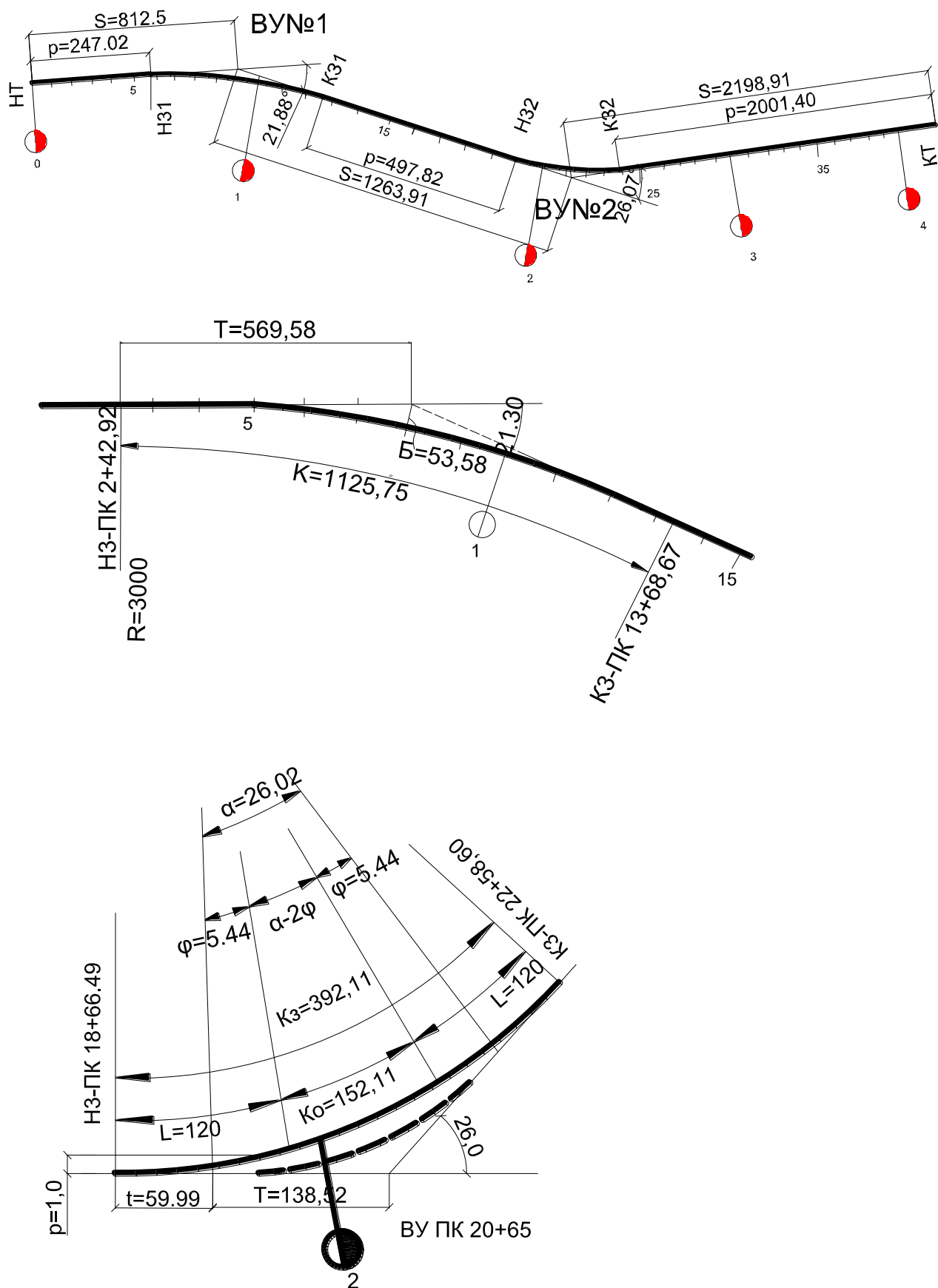


Рис.3. Трасса, состоящая из двух углов поворота (пояснение к п. 3.1.3)

Длина прямой между двумя закруглениями  $R$  равна пикетажному положению начала закругления  $НЗ_n$  данной кривой минус пикетажное положение конца предыдущей кривой  $КЭ_{n-1}$ . в данном случае вместо конца предыдущей кривой принимаем начало трассы НТ.

$$\begin{array}{r} НЗ_1 \text{ ПК } 2+42,92 \\ \text{К } 11+25,75 \\ \hline КЗ1 \text{ ПК } 13+68,67 \\ p=242,92 \end{array}$$

Полученные данные записываем в ведомость. На плане в угол поворота трассы вписываем кривую  $R=3000\text{м}$  и от начала закругления по кривой разбиваем пикетаж до конца закругления. При этом необходимо следить, чтобы пикетажные положения начала и конца закругления графически соответствовали расчетным значениям.

От конца первой кривой пикетаж разбиваем по прямой до вершины следующего поворота. Устанавливаем пикетажное положение вершины угла поворота №2 ( $ВУ_2$ ) - ПК 20+65,00, величина угла поворота  $\alpha_2=26^\circ 00'$  (лево), в данном случае радиус поворота принят  $R=600\text{м}$ .

Определяем элементы круговой кривой:

$$T=138,52\text{м}, K=272,27, B=15,78\text{м}.$$

При радиусе кривой  $R=600\text{м}$  должна быть предусмотрена переходная кривая, элементы которой принимаем по [2,3]: длина переходной кривой  $L=120\text{м}$ ; расстояние от начала этой кривой до начала круговой кривой  $t=59,99\text{м}$ ; сдвигка круговой кривой  $p=1\text{м}$ ; угол, составленный касательной к концу переходной кривой и осью абсцисс,  $p=5^\circ 44'$ .

Устанавливаем возможность разбивки переходных кривых из условия  $2\beta \leq \alpha$ , так как  $11^\circ 28' < 26^\circ 00'$ , разбивка переходных кривых в данном случае возможна.

Определяем длину круговой кривой  $K_0$ , которая остается после устройства переходных кривых с двух сторон закругления, по формуле

$$K_0 = \frac{\pi R(\alpha - 2\beta)}{180^\circ} = \frac{3.14 \cdot 600(26^\circ 00' - 11^\circ 28')}{180^\circ} = 152.11 \text{ м}$$

Длину закругления  $K_3$  также рассчитываем по формуле

$$K_3 = 2L + K_0 = 2 \times 120 + 152,11 = 392,11 \text{ м.}$$

При устройстве закругления с переходными кривыми величину домера рассчитывают по формуле

$$Д = 2(T + t) - K_3 = 2(138,52 + 59,99) - 392,11 = 4,92 \text{ м.}$$

Пикетажное положение начала закругления равно  $HЗ = ВУ - (T + t)$ .

$$\begin{array}{r} ВУ_2 \text{ ПК } 20+65,00 \\ T \text{ } 1+38,52 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} НКК \text{ ПК } 19+26,48 \\ t \text{ } 59,99 \\ \hline \end{array}$$

$$HЗ_3 \text{ ПК } 18+66,49$$

Пикетажное положение конца закругления равно  $KЗ = HЗ + K_3$ .

$$\begin{array}{r} HЗ_2 \text{ ПК } 18+66,49 \\ K_3 \text{ } 3+92,11 \\ \hline \end{array}$$

$$KЗ_2 \text{ ПК } 22+58,60$$

Определяем расстояние между вершинами первого и второго углов поворота  $S$

$$\begin{array}{r} ВУ_2 \text{ ПК } 20+65,00 \\ ВУ_1 \text{ ПК } 8+12,50 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{ПК } 12+52,50 \\ Д \text{ } 13,41 \\ \hline \end{array}$$

$$S \text{ } 12+65,91 \quad S = 1265,91$$

Определяем длину прямой  $P$  между первым и вторым закруглениями трассы.

$$\begin{array}{r} HЗ_2 \text{ ПК } 18+66,49 \\ KЗ_1 \text{ ПК } 13+68,67 \\ \hline \end{array}$$

$$P \text{ } 4+97,82 \quad P = 497,82 \text{ м.}$$

В соответствии с проделанными расчетами вписываем на плане во второй угол поворота кривую, от начала которой продолжаем разбивку пикетажа по закруглению и далее по прямой до конца трассы КТ. Концу трассы - соответствует ПК 42+60,00. Таким образом, общая длина трассы  $L_{\text{ТРАССЫ}}$  равна 4260 м.



Определяем расстояние  $S$  между вершиной угла №2 ( $ВУ_2$ ) и концом трассы КТ.

$$\begin{array}{r} ВУ_2 \text{ ПК } 42+60,00 \\ ВУ_1 \text{ ПК } 13+68,67 \\ \hline 21+95,00 \\ Д \text{ } 4,91 \\ \hline \end{array}$$

$$S \text{ } 21+99,91 \quad S=2199,91$$

Длина прямой  $P$  от конца второго закругления  $КЗ_2$  до конца трассы КТ равна

$$\begin{array}{r} НЗ_2 \text{ ПК } 18+66,49 \\ КЗ_1 \text{ ПК } 13+68,67 \\ \hline \end{array}$$

$$P \text{ } 4+97,82 \quad P=497,82 \text{ м}$$

Направление первой линии трассы на карте определяется относительно меридиана (магнитного, истинного или осевого) при помощи транспортира. Для этого через точку начала трассы, при которой надо измерить румб первой линии, проводят меридиан параллельно ближайшему меридиану на карте. При их отсутствии за направление меридиана может быть принят вертикальный обрез карты. Румбы последующих прямых линий вычисляют.

Все полученные данные заносят в соответствующие графы «Ведомости угла поворота, прямых и кривых» (см.табл.1). Вычисления контролируют по приведенным в ведомости формулам. Для этого суммируют в отдельности данные по графам 5, 6, 8, 11, 12, 15, 16, 21, 22.

Проконтролируем выполненные выше вычисления:

$$1. \sum P + \sum K_3 = L_{\text{трассы}}$$

$$2742,14 + 1517,86 = 4260,00 \text{ м}$$

$$4260,00 \text{ м} = 4260,00 \text{ м}$$

$$2. \sum S + \sum D = L_{\text{трассы}}$$

$$4278,32 - 18,32 = 4260,00$$

$$4260,00 \text{ м} = 4260,00 \text{ м}$$

$$3. 2(\sum T + \sum t) - \sum K_3 = \sum D,$$

$$2(708,10 + 59,99) - 1517,86 = 1832 \text{ м}$$

$$18,32 \text{ м} = 18,32 \text{ м}$$

$$4. \sum_{\text{лєв}}^{\alpha} + \sum_{\text{пр}}^{\alpha} = \mathbf{r}_0 - \mathbf{r}_n$$

## СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

### Приложение 1

#### Таблица П.1.1

##### Основные технические данные некоторых грузовых автомобилей

Показатели	Ед. изм.	Технические показатели по маркам автомобилей							
		УАЗ-452Д	ГАЗ-52-04	ЗИЛ 130-76	КамАЗ 5322	МАЗ 5335	РАФ 2203	ПАЗ 672	ЛАЗ 699р
Полная масса	кг	2670	5465	10525	18425	14950	2710	7825	12998
Максимальная скорость	км/ч	95	70	90	100	85	120	80	102
Максимальная мощность	кВт	55,2	55,2	110,3	154,4	132,4	55,2	84,6	132,4
Максимальный крутящий момент	Нм	166,7	205,9	402	637,4	666,8	166,7	284,4	465,8
Число оборотов коленчатого вала '	об/мин	4000	2600	3200	2600	2100	4000	2200	3200
Габаритная высота	м	2,07	2,19	2,40	3,65	3,70	1,97	3,04	2,98
Габаритная ширина	м	1,94	2,38	2,50	2,50	2,50	2,21	2,39	2,50
Колея автомобиля	м	1,44	1,58	1,80	2,02	1,95	1,47	1,80	2,10
Передаточное число коробки передач (П)		1,00 (2,64)	1,00 (3,09)	1,00 (4,10)	0,81 (3,29)	0,66 (2,90)	1,00 (2,64)	1,00 (3,09)	0,78 (3,40)
Передаточное число главной передачи		5,125	6,67	6,32	6,53	7,24	5,125	6,83	7,52
Радиус колеса с учетом деформации	м	0,37	0,44	0,49	0,49	0,51	0,37	0,47	0,49

#### Таблица П. 1..2

##### Основные технические данные некоторых грузовых автомобилей

Показатели	Ед.	Технические показатели по маркам автомобилей
------------	-----	--

	изм.	УАЗ-452Д	ГАЗ-52-04	ЗИЛ 130-76	КамАЗ 5322	МАЗ 5335	РАФ 2203	ПАЗ 672	ЛАЗ 699р
Полная масса	кг	2670	5465	10525	18425	14950	2710	7825	12998
Максимальная скорость	км/ч	95	70	90	100	85	120	80	102
Максимальная мощность	кВт	55,2	55,2	110,3	154,4	132,4	55,2	84,6	132,4
Максимальный крутящий момент	Нм	166,7	205,9	402	637,4	666,8	166,7	284,4	465,8
Число оборотов коленчатого вала '	об/мин	4000	2600	3200	2600	2100	4000	2200	3200
Габаритная высота	м	2,07	2,19	2,40	3,65	3,70	1,97	3,04	2,98
Габаритная ширина	м	1,94	2,38	2,50	2,50	2,50	2,21	2,39	2,50
Колея автомобиля	м	1,44	1,58	1,80	2,02	1,95	1,47	1,80	2,10
Передаточное число коробки передач (П)		1,00 (2,64)	1,00 (3,09)	1,00 (4,10)	0,81 (3,29)	0,66 (2,90)	1,00 (2,64)	1,00 (3,09)	0,78 (3,40)
Передаточное число главной передачи		5,125	6,67	6,32	6,53	7,24	5,125	6,83	7,52
Радиус колеса с учетом деформации	м	0,37	0,44	0,49	0,49	0,51	0,37	0,47	0,49

## Приложение 2

### Поперечные уклоны проезжей части

Категория дороги	Поперечный уклон в разных дорожно-климатических зонах			
	I	II, III	IV	V
I	0,015-0,020	0,020 - 0,025	0,020 - 0,025	0,15 - 0,20
II, III	0,015	0,020	0,020	0,015

## Приложение 3

	Вид автомобиля
--	----------------

Показатели	легковой	грузовой	автобусы
$k_3$	1,2	1,3	1.4
$d$	1,2	1,8 - 2,4	1,6-2,0
$a$	0,5	0.5	0.5
$h_{\phi}$	1.0	1.0	1.0
$T$	2	2	2
$K_B$	0,15-0,34	0,55 - 0,6	0.42 - 0,5
$\phi$	0,4	0,4	0,4

#### Приложение 4

Основные нормативы на проектирование автомобильных дорог (согласно СП 34.13330. 2012)

Таблица П 4.1

Категория автомобильной дороги		Расчетная интенсивность движения, приведенных ед/сут
IA (автомагистраль)		Свыше 14000
IB (скоростная дорога)		То же
Обычные дороги	IB	" 14000
	II	" 6000
	III	" 2000 до 6000
	IV	" 200 " 2000
	V	" 200
Примечания		
1 При применении одинаковых требований для дорог IA, IB, IB категорий в настоящем своде правил они отнесены к категории 1.		
2 Категорию дороги следует устанавливать в зависимости от ее значения в сети автомобильных дорог, а также требований заказчика.		

Таблица П 4.2

Параметр	Категория дороги					
	Ia	Iб	II	III	IV	V
(Расчетная (перспективная) интенсивность движения. авт/сутки (транспортные единицы)	7000	7000	3000--7000	1000--3000	100--1000	100
Основная* расчетная скорость, км/ч	150	120	120	100	80	60
Число полос движения, м	4; 6;	4; 6;	2	2	2	1

	8	8				
Ширина полосы движения, м	3.75	3.75	3.75	3,5	3	4,5
Ширина земляного полотна, м	28.5 36 43,5	27,5 35 42..5	15	12	10	8
Наибольший продольный уклон, ‰ (основной)*	30	40	40	50	60	70
Наименьший радиус кривой в плане, м (основной)*	1200	800	800	600	300	150
Наименьший радиус выпуклой кривой в продольном профиле, м (основной)*	30000	15000	15000	10000	5000	2500
Наименьший радиус вогнутой кривой в продольном профиле, м (основной)*	8000	5000	5000	3000	2000	1500

*Примечание: \* - для трудных участков параметры нормируются другими величинами. При необходимости обращаться к первоисточнику [1].*

*\*,\* - ширина проезжей части для одностороннего движения*

## **Часть 2 Проектирование продольного и поперечного профилей.**

## **1. Продольный профиль и водоотвод**

Проектирование продольного профиля является сложной многофакторной задачей. Вследствие этого ее целесообразно решать с использованием ЭВМ.

Однако, учитывая учебный характер проекта, разработку продольного профиля следует выполнить без привлечения ЭВМ.

Переломы проектной линии продольного профиля дорог категорий с разностью уклонов 5‰ и более, III категории с разностью уклонов 10‰ и более, IV и V категорий с разностью уклонов 20‰ и более следует сопрягать вертикальными кривыми.

При назначении элементов продольного профиля в качестве основных параметров следует принимать: продольные уклоны не более 30‰; радиусы кривых: выпуклых - не менее 70000 м; вогнутых - не менее 8000 м; длины кривых: выпуклых - не менее 300 м; вогнутых и - не менее 100 м.

Минимально допустимые величины кривых в продольном профиле, нормируемые действующими нормами, приведены в СП 34.13330.2012 (СНиП 2.05.03-85). Отклонение от этих норм возможно лишь на основании специально приведенных расчетов.

Продольный профиль следует проектировать так, чтобы рабочие отметки как можно меньше отличались от рекомендуемой отметки, принимаемой в соответствии с нормами на проектирование [1], местными условиями и толщиной конструкции дорожной одежды.

В рамках курсового проекта допускается толщину дорожной одежды принять равной 0.5 м.

Проектируемая линия продольного профиля должна удовлетворять требованию контрольных точек. Контрольные точки могут однозначно определять отметку проектируемой дороги (отмыкание, примыкание к существующей дороге, пересечение железной дороги на одном уровне и тд.), ограничивать ее или снизу (переход через существующие дороги, реки и другие преграды путепроводом), или



сверху (пересечение с коммуникациями или дорогами при устройстве проектируемой дороги снизу).

При этом габариты пересечений в разных уровнях с различными коммуникациями следует назначать в соответствии с действующими нормами. В курсовом проекте допускается пользоваться данными прил. 6 и условием минимального габарита по высоте - 4,5 м.

К контрольным точкам следует отнести и места устройства малых искусственных сооружений и труб. Минимальная рабочая отметка в этих местах должна быть не менее суммы диаметра трубы, строительную толщину трубы можно принять 0,1 м, толщину дорожной одежды - 0,5 м и защитного слоя грунта - 0,5 м.

Дорогу предпочтительнее проектировать в насыпи. В случае положения дороги в выемке продольный уклон должен быть не менее 5‰. Кроме того, в выемках следует исключить использование вогнутых кривых.

Кривые в продольном профиле рекомендуется совмещать с кривыми в плане. При этом длины кривых в плане должны быть равными или большими длин вертикальных кривых, а смещение вертикальных кривых (вертикальных и горизонтальных) не следует допускать более чем на  $1/4$  длины наименьшей из кривых.

Расчет элементов кривых в продольном профиле может быть выполнен или аналитическим методом использования формул (25) - (27), или графическим методом по таблицам Антонова [4].

### **1.1. Нанесение проектной линии**

Проектирование продольного профиля заключается в установлении положения полотна дороги относительно поверхности земли.

Проектная линия, которую часто называют "красной линией", соответствует отметкам бровки земляного полотна. Она представляет собой плавную линию, состоящую из прямолинейных участков и вертикальных кривых, соединяющих участки дороги с разными уклонами.

Различают два метода проложения проектной линии: по обертывающей и по секущей.

При проектировании по обертывающей проектную линию наносят по возможности параллельно поверхности земли с соблюдением рекомендуемых отметок. Такой метод применяют в условиях равнинного и слабохолмистого рельефа местности. Он позволяет получить хорошо осушаемое устойчивое земляное полотно в насыпи. В пересеченной местности при проектировании проектной линии по обертывающей продольный профиль дороги получается беспокойным. Поэтому этот метод применяют при проектировании дорог низших категорий. При проектировании по обертывающей возможны отклонения от рекомендуемой отметки на участках местности с небольшими возвышениями, суходолами, оврагами, при пересечении заболоченных участков, на подходах к искусственным сооружениям.

Рекомендуемую отметку также устанавливают по наименьшему возвышению поверхности покрытия над уровнем поверхностных и грунтовых вод для II, III типов местности по характеру увлажнения. Тип местности определяют по характеру рельефа, признакам заболоченности, положению уровня грунтовых вод и условиям притока и отвода воды. Для II типа местности минимальную рекомендуемую отметку определяют от верха покрытия до поверхности земли или до уровня воды, находящейся на поверхности земли. При этом считают, что поверхностный сток воды не обеспечен и вода стоит не менее 30 сут.

Для всех типов местности необходимо обеспечить незаносимость дороги снегом в зимний период (рис. 1а).

$H_p$  определяется по формуле:

$$H_p = h_{сн} + \Delta h \quad (1)$$

$h_{сн}$  - высота снегового покрова;

$\Delta h$  - возвышение бровки з.п. над расч. уровнем снегового покрова, зависит от категории дороги.

Для 2-го типа проверяется необходимое возвышение бровки з.п. над уровнем земли (рис. 1б):

$$H_p = h_{\text{табл}} - c i_o, \quad (2)$$

где  $h_{\text{табл}}$  – возвышение поверхности покрытия над поверхностью земли (принимается по таблице 1 (знаменатель) в зависимости от вида грунта и дорожно-климатических зон) .

$c$  – ширина обочины

$i_o$  – уклон обочины

Таблица 1

Грунт рабочего слоя	Наименьшее возвышение поверхности покрытия, м, в пределах дорожно-климатических зон			
	II	III	IV	V
Песок мелкий, супесь легкая крупная, супесь легкая	$\frac{1,1}{0,9}$	$\frac{0,9}{0,7}$	$\frac{0,75}{0,55}$	$\frac{0,5}{0,3}$
Песок пылеватый, супесь пылеватая	$\frac{1,5}{1,2}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,1}{0,8}$	$\frac{0,8}{0,5}$
Суглинок легкий, суглинок тяжелый,	$\frac{2,2}{1,6}$	$\frac{1,8}{1,4}$	$\frac{1,5}{1,1}$	$\frac{1,1}{0,8}$
Супесь тяжелая, пылеватая, суглинок легкий пылеватый, суглинок тяжелый пылеватый	$\frac{2,4}{1,8}$	$\frac{2,1}{1,5}$	$\frac{1,8}{1,3}$	$\frac{1,2}{0,9}$

Примечание. В числителе приведены данные для III типа местности по увлажнению, в знаменателе - для II.

Для 3-го типа используется одна из расчетных схем в зависимости от причин постоянного увлажнения (рис. 1 в,г):

Если наблюдается застой поверхностных вод (более 30 сут).

рекомендуемая отметка рассчитывается:

$$H_p = h_{\text{табл}} + h_v - c i_o. \quad (3)$$

где  $h_{\text{табл}}$  - принимается по табл. 1;  $h_v$  - толщина слоя воды над поверхностью земли (устанавливается по данным разовых измерений в процессе изыскательских работ).

При близком залегании грунтовых вод:

$$H_p = \Delta h_{\text{табл}} - h_{\text{з.в.}} - c \times i_{\text{об}} \quad (4)$$

$h_{г.в.}$  -глубина залегания грунтовых вод от поверхности земли

$\Delta h_{табл}$  -нормированное возвышение поверхности покрытия над уровнем воды

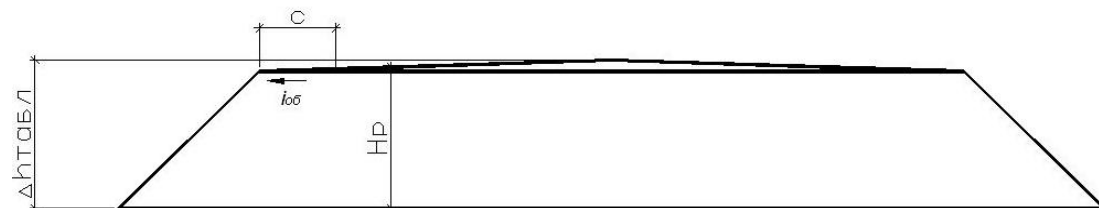
При расчете рекомендуемой отметки для III типа местности на участках с высоким стоянием грунтовых вод определяет минимальную глубину выемки для данного участка дороги. Водоносный слой должен находиться ниже конструкции дорожной одежды, без вскрытия.

В пониженных местах рельефа местности устраивают искусственные сооружения, где рекомендуемые отметки не выдерживают.

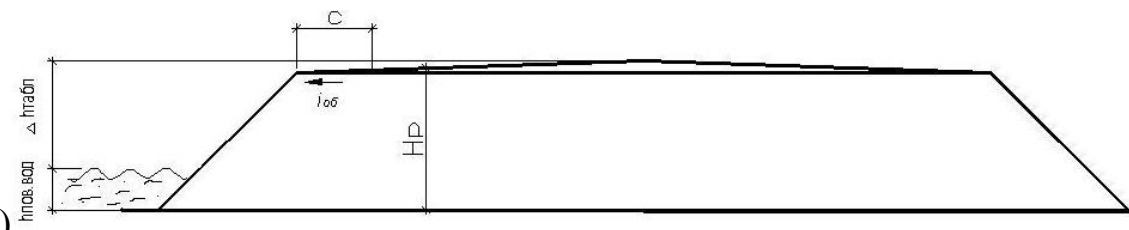
а)



б)



в)



г)

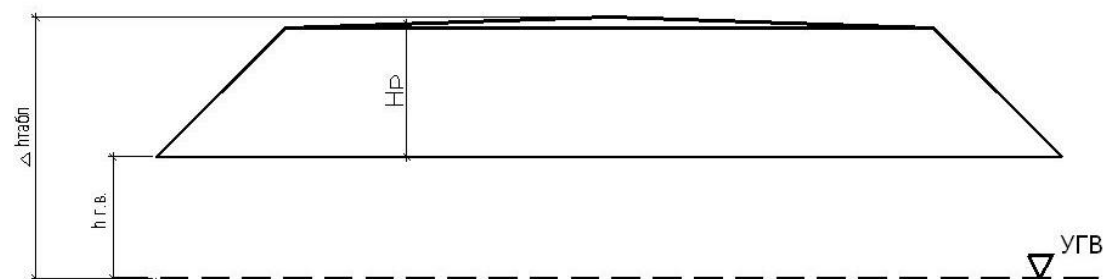


Рис. 1. Схемы к определению рекомендуемой рабочей отметки  $H_p$  на участках: а - снегозаносимых; б - II типа местности до поверхности земли; в – II, III типа местности до уровня воды, стоящей на поверхности земли; г- III типа местности

до уровня грунтовых вод;  $c$  - ширина обочины;  $i_0$  - уклон обочины.

## 1.2. Определение проектных отметок

На продольный профиль наносят контрольную отметку начала дороги. Она совпадает с отметкой проезжей , части улицы, дороги существующего населенного пункта или дороги, к которой примыкает проектируемая. Это будет исходная проектная отметка бровки земляного полотна для дальнейших расчетов проектных отметок дорог. Данная точка является началом проектной линии продольного профиля. Отметку каждой следующей точки трассы  $H_2$  определяют по формуле:

$$H_2 = H_1 + li, \quad (5)$$

где  $H_1$  - отметка начальной или контрольной точки, м;

$l$  -расстояние от начальной или контрольной точки, м;

$i$  - заданный проектировщиком продольный уклон (в целых тысячных долях). .

*Пример:*

*Определить проектную отметку на ПК 1+00.*

*Отметка на ПК 0+00 - 82,5 м. Продольный уклон восходящей продольной линии – 20‰.*

$$H_2 = 82,5 + 100 * 0,02 = 84,5 \text{ м.}$$

## 1.3 Расчет вертикальных кривых

По условиям рельефа местности проектная линия может состоять полностью из сопрягающихся друг с другом вертикальных кривых без прямых вставок, на сложных участках рельефа возможны промежуточные прямые вставки.

На схеме вертикальной кривой (рис.2) указаны основные обозначения и элементы кривой, которые необходимы для расчета: уклон линии  $i_1$ , в начале кривой (НК); уклон  $i_2$  в конце кривой (КК) вершина кривой ВК (принимают за начало координат при расчете отметок кривой); точка перелома проектной линии М; расстояние  $l_1$  от начала кривой до вершины кривой;- расстояние –  $l_2$  от конца кривой до вершины кривой; превышение  $h_1$  вершины кривой над началом кривой; превышение  $h_2$  вершины кривой над концом кривой; длина кривой К.

В зависимости от принятого радиуса вертикальной кривой и уклонов  $i_1, i_2$  рассчитывают элементы и координаты кривой по таблицам [4] или по формулам:

$$K = R (i_1 - i_2), \quad (6)$$

$$l_1 = Ri_1, \quad (7)$$

$$l_2 = Ri_2. \quad (8)$$

При расчете продольные уклоны восходящих линий принимает со знаком "+", исходящих - со знаком "-".

Возможные схемы расчета вертикальных кривых приведены на рис.5.

В пределах вертикальной кривой проектные отметки определяют в следующей последовательности. Исходной для расчета является проектная отметка начала кривой. Затем определяют проектную отметку вершины кривой: для выпуклой  $H_0 - H_{\text{вк}} + h_1$ , для вогнутой  $H_0 - H_{\text{вк}} - h_1$ , где  $h_1$  - превышение, м.

$$h_1 = l_1^2 / (2R). \quad (9)$$

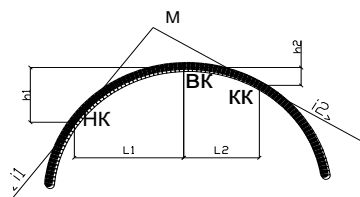
Превышение между точкой кривой на произвольном расстоянии  $X$  от вершины кривой определяют по формуле:

$$h_i = x_i^2 / (2R) \quad (10)$$

Уклон в той же точке:

$$i = X/R \quad (11)$$

Подобным образом определяют проектную отметку любого пикета в пределах кривой. По разности между проектной отметкой и отметкой земли по оси дороги определяют рабочие отметки

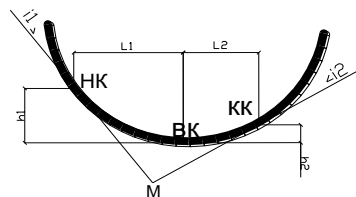


$$K=L1+L2$$

$$ПК\ M=ПК\ HK+K/2$$

$$ПК\ BK=ПК\ HK+L1$$

$$ПК\ KK=ПК\ HK+K$$

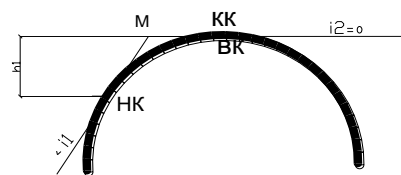


$$K=L1+L2$$

$$ПК\ M=ПК\ HK+K/2$$

$$ПК\ BK=ПК\ HK+L1$$

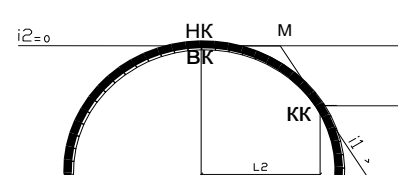
$$ПК\ KK=ПК\ HK+K$$



$$K=L1$$

$$ПК\ M=ПК\ HK+K/2$$

$$ПК\ BK=ПК\ KK=ПК\ HK+L1$$

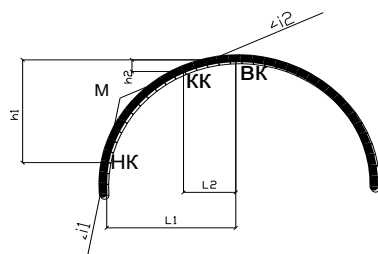


$$K=L2$$

$$ПК\ M=ПК\ HK+K/2$$

$$ПК\ BK=ПК\ HK$$

$$ПК\ KK=ПК\ HK+L2$$

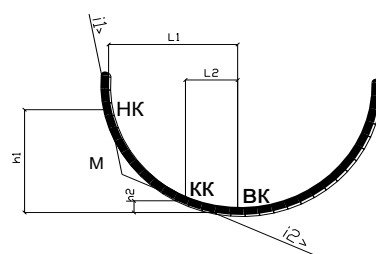


$$K=L1-L2$$

$$ПК\ M=ПК\ HK+K/2$$

$$ПК\ BK=ПК\ HK+L1$$

$$ПК\ KK=ПК\ HK+K$$

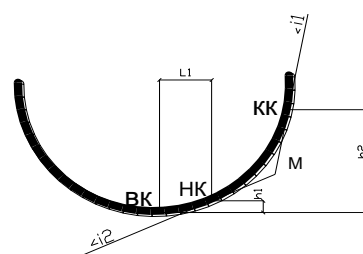


$$K=L1-L2$$

$$ПК\ M=ПК\ HK+K/2$$

$$ПК\ BK=ПК\ HK+L1$$

$$ПК\ KK=ПК\ HK+K$$

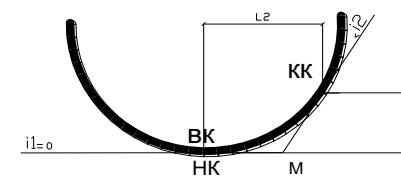


$$K=L2+L1$$

$$ПК\ M=ПК\ HK+K/2$$

$$ПК\ BK=ПК\ HK-L1$$

$$ПК\ KK=ПК\ HK+K$$



$$K=L2$$

$$ПК\ M=ПК\ HK+K/2$$

$$ПК\ BK=ПК\ HK$$

$$ПК\ KK=ПК\ HK+L2$$

Рис. 2 Расчет вертикальных кривых

## 2. ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

В настоящем курсовом проекте ставится задача привязать типовые решения поперечного профиля к проектируемой дороге. В соответствии с этим задача по проектированию максимально упрощается и сводится к выбору типового решения с указанием протяженности и адреса применения того или иного решения. Типовые решения можно принять в соответствии с [3] и другими учебными справочными или нормативными источниками.

Вычерчивая поперечные профили, следует привязать их к конкретным точкам трассы (вычертить в соответствии с рабочей отметкой по продольному профилю, соответствующему пикетажному положению трассы).

Проезжую часть следует предусматривать с двускатным поперечным профилем на прямолинейных участках дорог всех категорий и, как правило, на кривых в плане радиусом 3000 м и более для дорог I категории и радиусом 2000 м и более для дорог других категорий.

На кривых в плане меньшим радиусом следует предусматривать устройство проезжей части с односкатным поперечным профилем (виражей) исходя из условий обеспечения безопасности движения автомобилей с наибольшими скоростями при данных радиусах кривых.

Поперечные уклоны проезжей части (кроме участков кривых в плане, на которых предусматривается устройство виражей ) следует назначать в зависимости от числа полос движения и климатических условий по табл. 2.

Таблица 2

Категория дороги	Поперечный уклон, ‰			
	Дорожно-климатические зоны			
	I	II, III	IV	V
I-а и I-б: а) при двускатном поперечном профиле каждой проезжей части б) при односкатном профиле: первая и вторая полосы от	15	20	25	15
	15	20	20	15



разделительной полосы третья и последующие полосы II - IV	20 15	25 20	25 20	20 15
--	----------	----------	----------	----------

*Примечание: На гравийных и щебеночных покрытиях поперечный уклон принимают 25-30 ‰, а на покрытиях из грунтов, укрепленных местными материалами, и на мостовых из колотого и булыжного камня - 30-40 ‰.*

При радиусах кривых в плане 1000 м менее необходимо предусматривать уширение проезжей части с внутренней стороны за счет обочин, с тем чтобы ширина обочин была не менее 1,5 м для дорог I и II категорий и не менее 1 м для дорог остальных категорий.

Величины полного уширения двухполосной проезжей части дорог на закруглениях следует принимать по табл. 3.

Таблица 3

Радиусы кривых в плане, м	Величина уширения, м, для автомобилей и автопоездов с расстоянием от переднего бампера до задней оси автомобиля или автопоезда, м			
	автомобилей и автопоездов - 11 и менее	13	15	18
1000	-	-	-	0,4
850	-	0,4	0,4	0,5
650	0,4	0,5	0,5	0,7
575	0,5	0,6	0,6	0,8
425	0,5	0,7	0,7	0,9
325	0,6	0,8	0,9	1,1
225	0,8	1,0	1,0	1,5
140	0,9	1,4	1,5	2,2
95	1,1	1,8	2,0	3,0
80	1,2	2,0	2,3	3,5
70	1,3	2,2	2,5	-
60	1,4	2,8	3,0	-
50	1,5	3,0	3,5	-

40	1,8	3,5	-	-
30	2,2	-	-	-

При недостаточной ширине обочин для размещения уширений проезжей части с соблюдением этих условий следует предусматривать соответствующее уширение земляного полотна. Уширение проезжей части надлежит выполнять пропорционально расстоянию от начала переходной кривой так, чтобы величины полного уширения были достигнуты к началу круговой кривой.

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИРАЖА

Поперечные уклоны проезжей части на виражах следует назначать в зависимости от радиусов кривых в плане по табл. 4.

Таблица 4

Радиусы кривых в плане, м	Поперечный уклон проезжей части на виражах, ‰		
	основной, наиболее распространенный		в районах с частым гололедом
	на дорогах I-V категорий	на подъездных дорогах промышленных предприятиям	
От 3000 до 1000 для дорог I категории	20-30	-	20-30
От 2000 до 1000 для дорог II-V категорий	20-30	-	20-30
От 1000 до 800	30-40	-	30-40
От 800 до 700	30-40	20	30-40
От 700 до 650	40-50	20	40
От 650 до 600	50-60	20	40
От 600 до 500	60	20-30	40
От 500 до 450	60	30-40	40
От 450 до 400	60	40-60	40
От 400 и менее	60	60	40

Переход от двускатного профиля дороги к односкатному следует осуществлять на протяжении переходной кривой, а при отсутствии ее (при

реконструкции дорог) - на прилегающем к кривой прямом участке, равном длине переходной кривой.

Виражи на многополосных дорогах I категории, как правило, следует проектировать с отдельными поперечными уклонами для проезжих частей разных направлений и с необходимыми изменениями поперечных уклонов разделительных полос.

Поперечный уклон обочин на вираже следует принимать одинаковым с уклоном проезжей части дороги. Переход от нормального уклона обочин при двускатном профиле к уклону проезжей части следует производить, как правило, на протяжении 10 м до начала отгона виража.

Дополнительный продольный уклон наружной кромки проезжей части по отношению к проектному уклону на участках отгона виража не должен превышать, ‰, для дорог :

I и II категорий .....	5
III и V категорий в равнинной местности .....	10
III и V категорий в горной местности .....	20

В случаях, когда проектируются кривые в плане радиусом менее 3000 м для дорог I категории и не менее 2000 м - для остальных категорий, предусматривают устройство виража. Вираж располагают по всей длине круговой кривой. Отгон виража выполняют в пределах длины переходной кривой. Поперечный уклон виража определяют по формуле (32 Часть 1).

Величину коэффициента поперечной силы принимают равной 0,15. Расчетная величина уклона виража должна быть не более допустимой по СНиП 2.05.02 (прил. 4).

В случае, когда вираж устраивается на участке с продольным уклоном, необходимо, чтобы косой уклон, определяемый по формуле (33 Часть 1), не превышал максимального, принятого для проектирования.

Максимальная длина отгона виража определяется по формуле (34 Часть 1). Конец отгона виража (начало соответствует началу переходной кривой) находится на расстоянии, определить которое можно по формуле (35 Часть 1).

На чертеже форматом не менее 297x420 необходимо показать участок проектируемой дороги, на котором предусмотрен вираж с указанием всех определяющих элементов, привести аналитические зависимости и результаты расчета, разместить схему, иллюстрирующую переход проезжей части и обочин от двухскатного поперечного профиля к односкатному. Все характерные точки рассчитанного виража необходимо привязать к пикетам проектируемого участка дороги. При этом следует иметь в виду, что уравнивание уклона обочины и проезжей части производится на отрезке прямой длины 10 м, прилегающему к началу переходной кривой (начало отгона виража).

### **3. ВЫБОР РАБОЧЕГО ВАРИАНТА ТРАССЫ**

#### **3.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ**

Сравнение конкурирующих вариантов проложения трассы и выбор рабочего (лучшего из них) для строительства осуществляют, сравнивая их по тем или иным критериям. Обычно в качестве критерия оптимизации принимают экономические показатели, скорости движения, величины коэффициентов безопасности движения и др. В настоящей работе студенту предлагается упрощенная схема сравнения вариантов по физическим показателям. Перечень этих показателей приведен в прил. 7. При этом условно принято, что важность показателей равноценна. Поэтому решение о выборе рабочего варианта принимается по числу преимущественных показателей, которые отмечаются в таблице знаком "+". В случае равенства числа преимущественных показателей следует отдавать предпочтение вариантам, выигрывающим по величине максимального продольного уклона, минимального радиуса кривой в плане, меньшей протяженности участков с ограниченной скоростью.

При подсчете площади ценных земель рекомендуется принимать ширину полосы отвода равной: для дорог II категории - 30 м; III, IV категории соответственно 25, 20 м. Ценными землями следует считать: сады, леса в степной зоне; пашню в черноземной полосе.

## Показатели сравнения вариантов

Таблица 5

Показатели	Ед. изм.	Величина по вариантам			Преимущество		
		I	II	III	I	II	III
1. Коэффициент удлинения	-						
2. Минимальный радиус кривой в плане	м						
3. Максимальный продольный уклон	‰						
4. Протяженность участков с предельным уклоном	м						
5. Количество речных переходов и общая длина мостов	шт/м						
6. Количество малых искусственных сооружений	шт						
7. Объем земляных работ	м <sup>3</sup>						
8. Количество пересечений с железными и автомобильными дорогами	шт						
9. Протяженность участков с ограниченной скоростью движения	с м						
10. Площадь занимаемых ценных земель							

### 3.2. РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Объем земляных работ по конкурирующим вариантам может быть определен: аналитическим путем с использованием формул (29 Часть 1) - (31 Часть 1) по таблицам Митина [3]; с помощью ЭВМ. Последний метод предпочтителен, поскольку значительно сокращает время работы студента, не снижая усвоение необходимой информации о способах подсчета объемов земляных работ.

Выполнить расчет объемов земляных работ на ЭВМ можно, пользуясь персональными компьютерами и программами других организаций и возможностями кафедры организации перевозок.

В случае выполнения расчетных работ вручную рекомендуется пользоваться табличной формой. При этом не учитываются поправки объемов земляных работ на устройство дорожной одежды и уплотнение.

#### **4. ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ И ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ**

План трассы дороги обычно вычерчивается в масштабе 1:10000 (см. рис. 3 Часть 1). На трассе условными знаками отмечают пикеты и километры, вершины углов нумеруют и в свободном месте чертежа помещают таблицу, в которой указывают величину и направление (право, лево) угла поворота, а также элементы прямых и кривых. Чертеж на листе ориентируется так, чтобы сверху был север или запад. Ситуационные знаки и надписи наносят параллельно рамке. Пикеты и другие надписи пишут вдоль трассы или перпендикулярно к ней. В начале и конце трассы пунктиром перпендикулярно к трассе наносят линии, сопряжения трасс на соседних листах. В начале и конце листа надписывают наименование пунктов, которые соединяет трасса. Направление существующих дорог, выходящих за пределы листа, указывают надписью названия пункта, куда ведет дорога.

Все условные обозначения ситуации должны строго соответствовать действующим условным знакам для топографических планов соответствующих масштабов. На план наносят схемы закрепления вершин углов поворота и высотные реперы. Если по условиям направления трассы удобнее изменить, ориентировку чертежа, в верхнем углу чертежа помещают линию направления меридиана с указанием полюсов.

По обе стороны трассы условными знаками изображают ситуацию.

В правом нижнем углу помещают штамп по установленной форме с наименованием и номером листа плана, фамилиями и подписями лиц, составлявших план и ответственных за правильность составленного документа.

Продольный профиль автомобильной дороги представляет собой вертикальный разрез по ее оси. Он характеризует величину продольных уклонов отдельных ее участков и положение проезжей части дороги относительно поверхности земли.

Линия, соединяющая отметки поверхности земли, называется линией

поверхности или "черной линией". Ее строят по отметкам пикетов и плюсовых точек, которые получают, используя высотные отметки соседних горизонталей на карте. Продольный профиль вычерчивают тушью на миллиметровой бумаге в масштабах: горизонтальный 1:5000, вертикальный 1:500 (или 1:10000, 1:1000).

Предварительно вычерчивают сетку продольного профиля, форма и наименование граф которой приведены на рис. 3, приложение 7..

В графе 14 красным цветом показывают линию трассы, километровые знаки и условные обозначения горизонтальных кривых, около которых выписывают их элементы.

В графе 13 вертикальными линиями показывают местоположение пикетов и плюсовых точек. Номера пикетов подписывают в графе 14 под линиями пикетов. Кроме того, в графе 10 указывают расстояния до плюсовых точек, а также расстояния между соседними плюсовыми точками.

В графе 12 над линиями пикетов и плюсовых точек выписывают их отметки.

Все построения и подписи в графах 12, 13 и номера пикетов в графе 14 оформляют черным цветом. Основные условные обозначения приведены на рис.4.

По отметкам пикетов и плюсовых точек строят линию поверхности земли. Для этого над каждым пикетом и плюсовой точкой в масштабе 1:500 откладывают ординату, соответствующую отметке пикета или плюсовой точки. Для удобства изображения откладывают не всю ординату, а только ее верхнюю часть, которую отсчитывают от некоторого условно принятого уровня. Отметку принимают кратной 10м. Соединив вершины ординат, получают линию поверхности земли ("черную линию") продольного профиля. Все построения линии поверхности земли оформляют также черным цветом.

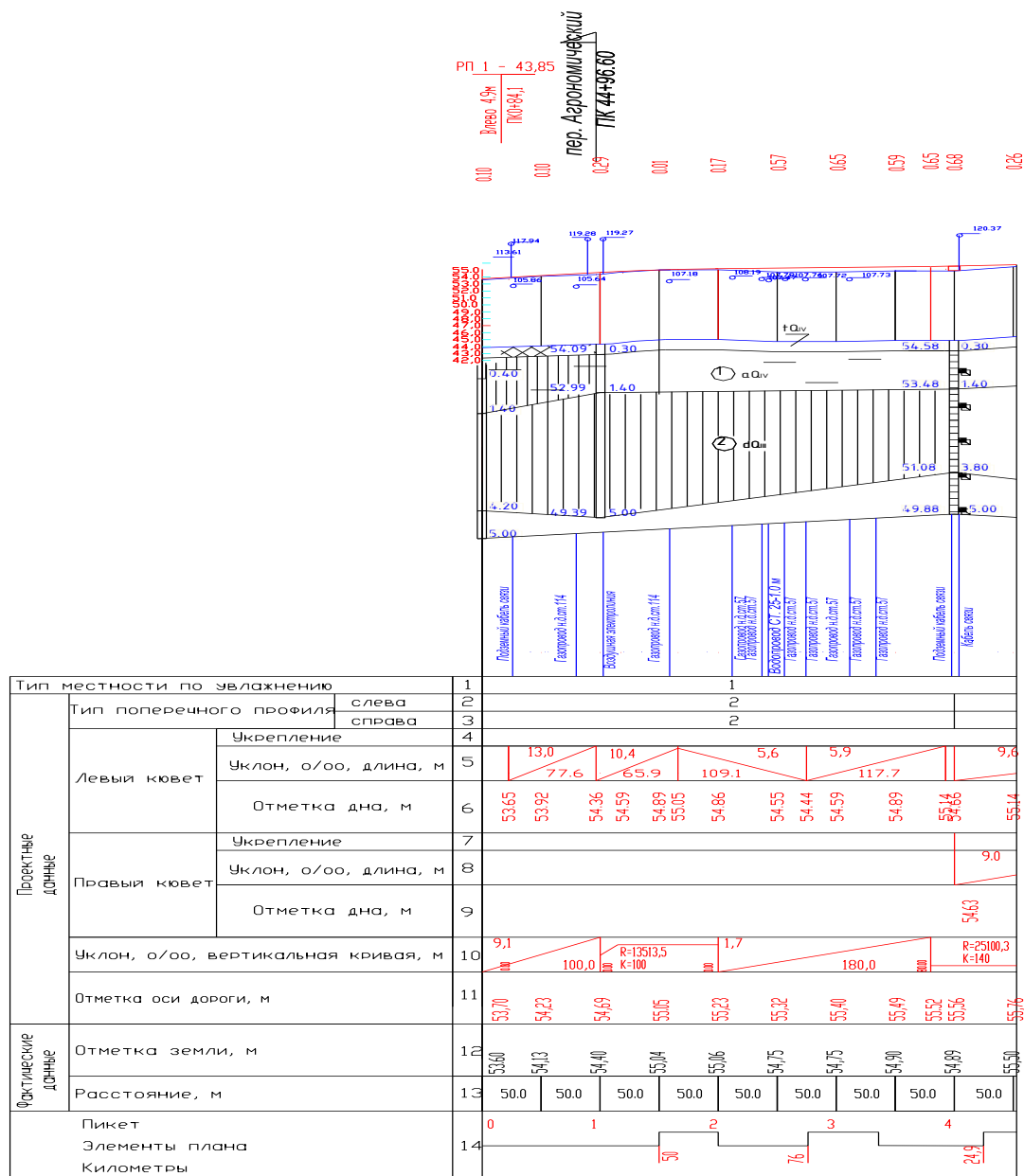


Рис. 3 Оформление продольного профиля

Грунтовый профиль располагают ниже линии поверхности земли, для чего параллельно последней на расстоянии 2см проводят еще одну линию (см. образец в учебнике). На грунтовом профиле следует показывать шурфы, скважины, располагая их в местах характерных изменений рельефа местности, в местах проектирования искусственных сооружений, высоких насыпей и глубоких выемок. Грунтовый профиль вычерчивают в масштабе 1:50. Глубина шурфов обычно равна 2 - 2,5 м. Шурфы изображают в виде колонок шириной 5мм каждая, на которых условными знаками обозначают грунты (рис.7).



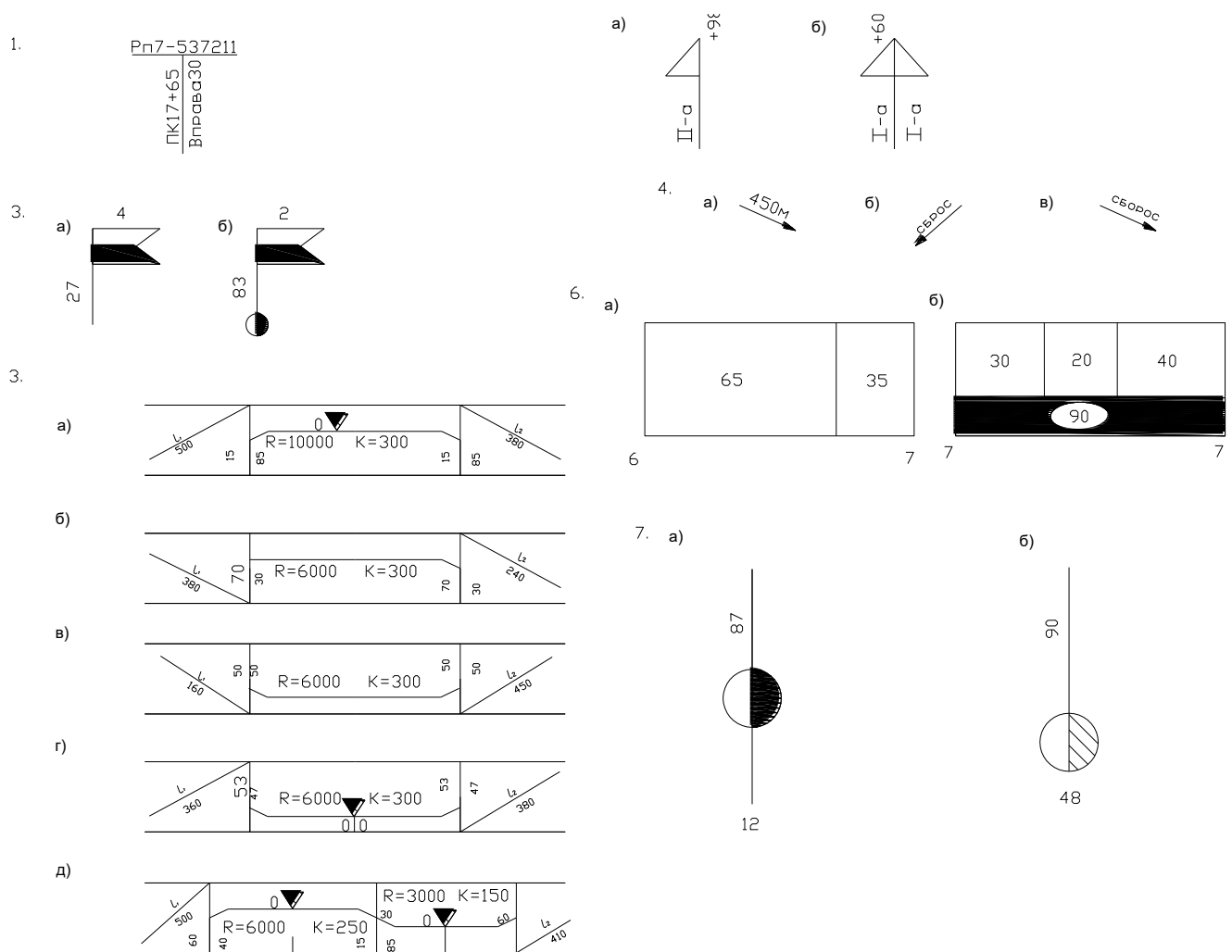


Рис. 4. Основные условные обозначения на продольном профиле 1-репер 7, отметка 537,21; расположен в 30м вправо от ПК 17+65; 2-автомобильные съезды и проезды: а-съезд по типовому проекту; II-а влево в 98м от предыдущего пикета; б-переезд по типовому проекту; I-а в 60м от пикета; 3-железнодорожный переезд: а-не— охраняемый на ПК 27; б-охраняемый на ПК 33; цифры над флажком обозначают категорию переезда; 4-водоотвод; а-направление нагорной канавы и ее протяжение; б-сброс воды влево; в-сброс воды вправо; 5-вертккальные кривые: а-выпуклая вертикальная кривая с восходящей и нисходящей ветвями; б-выпуклая кривая с нисходящей ветвью; в-вогнутая кривая с восходящей и нисходящей ветвями; г-вогнутая кривая с восходящей ветвью; д-переход на ПК 10м выпуклой кривой радиуса 6000м в вогнутую кривую радиуса 3000м на уклоне 30‰; 6-пикетаж: а-промежуточная

точка на ПК +6+65м; б-рубленный пикет длиной 90м с промежуточными точками на ПК 6+30 и ПК 6+50м; 7-километровые знаки: а-километровый знак проектируемой дороги; б-километровый знак на существующей дороге, подвергаемый реконструкции: цифры внизу-номер километра,верху-расстояние от ближайшего пикета;

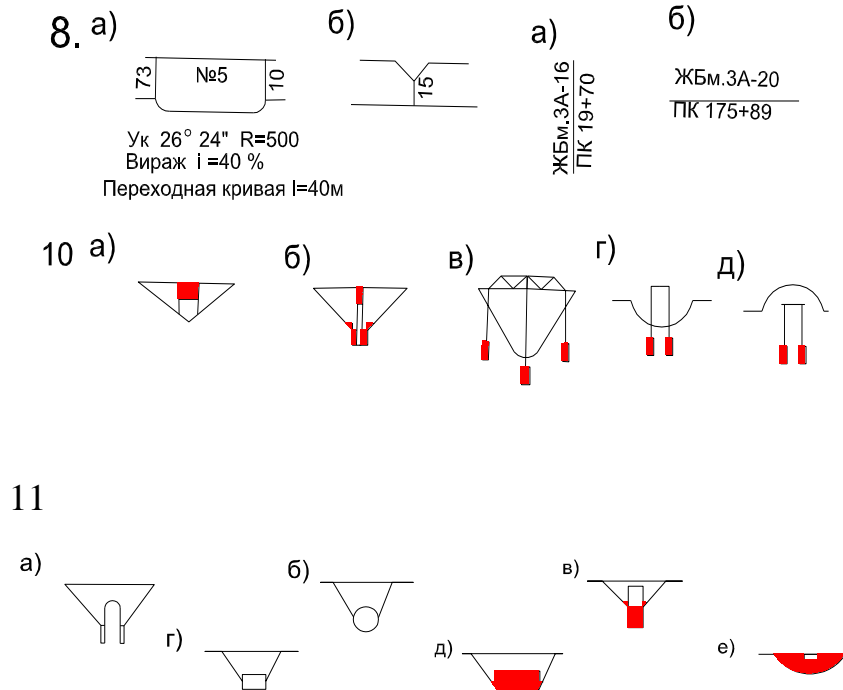


Рис. 5 Условные обозначения на продольном профиле: 8-кривые в плане: а-кривая радиуса 500м при угле поворота влево  $26^{\circ}24'$ ; уклон вправо 40‰; длина переходной кривой 40м; начало и конец кривой соответственно на +13 и +10м; б-кривая при угле поворота влево менее  $5^{\circ}$ ; 9-местоположекие искусственных сооружений; а-проектируемое искусственное сооружение; б-существующее искусственное сооружение; 10-мосты: а-деревянный мост или путепровод; б-капитальный мост или путепровод с балочным пролетным строением; в-мост с фермой с ездой понизу; г-путепровод над проектируемой дорогой; д-путепровод под проектируемой дорогой; 11-трубы и другие искусственные сооружения: а-овоидальная труба капитального типа; б-круглая труба капитального типа; в-прямоугольная труба капитального типа; г-деревянная прямоугольная труба; д-фильтрующая насыпь; е-лоток;

В местах глубоких выемок глубина скважины должна быть на 2м ниже отметки низа дорожной одежды. Около шурфов и скважин справа указывают их глубину, а также глубину грунтово-почвенных горизонтов. Глубины одноименных грунтов по шурфам и скважинам соединят сплошными линиями, между которыми указывают наименование грунтов. Концы шурфов и скважин соединяют пунктирными линиями, ниже которых проводят продолжение линии ординат отметок пикетов и плюсовых точек.

В графе ГО продольного профиля красным цветом показывают проектные уклоны и вертикальные кривые.

В графе 11 соответственно напротив пикетов и плюсовых точек красной тушью показывают полученные расчетом отметки по бровке земляного полотна - проектные отметки.

Разность между отметкой по бровке земляного полотна (графа №11) и отметкой поверхности земли по оси дороги (графа №12) называется рабочей отметкой и является высотой насыпи или глубиной выемки. Рабочую отметку выписывают красным цветом над проектной линией в насыпи и под проектной линией - в выемке.

Одновременно с проектированием продольного профиля разрабатывают систему дорожного водоотвода.

При проектировании дна кюветов и притрассовых резервов непараллельно бровке земляного полотна в графах 5 и 6 соответственно указывают уклоны и проектные отметки их дна.

В графе 4 указывают укрепление кюветов, продольных канав в параллельных резервах и сбросах воды в пониженные места.

Проектную линию вычерчивают красным цветом вдвое толще линии поверхности земли. Красным цветом на продольном профиле оформляют также искусственные сооружения и подписи к ним, все построения и подписи в графах 2-6.

Синим цветом оформляют горизонты и нулевые рабочие отметки. Все остальное оформляют черной тушью.

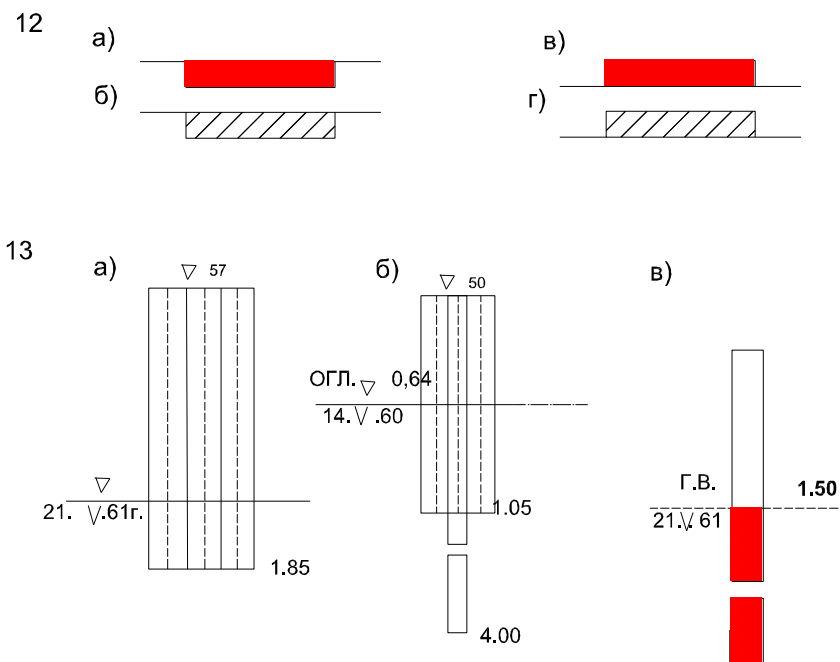


Рис. 6 Условные обозначения на продольном профиле: 12-подпорные стены: а-верховая подпорная стена; б-низовая подпорная стена; в-верховая одевающая стена; г-низовая одевающая стена; 13-шурфы и буровые скважины: а-шурф №57 глубиной 1,85м, грунтовые воды по наблюдениям 21мая 1961г. на глубине 1,10м (ширина колонки на профиле 6мм); б-шурф, углубленный скважиной до 4,00м, граница оглиения на глубине 0,60м; в-скважина глубиной 8,10м, горизонт воды по наблюдениям 21мая 1961г. 1,50м (ширина колонки на профиле 2мм).

Грунты разнородные по составу показываются условным знаком их компонентов.

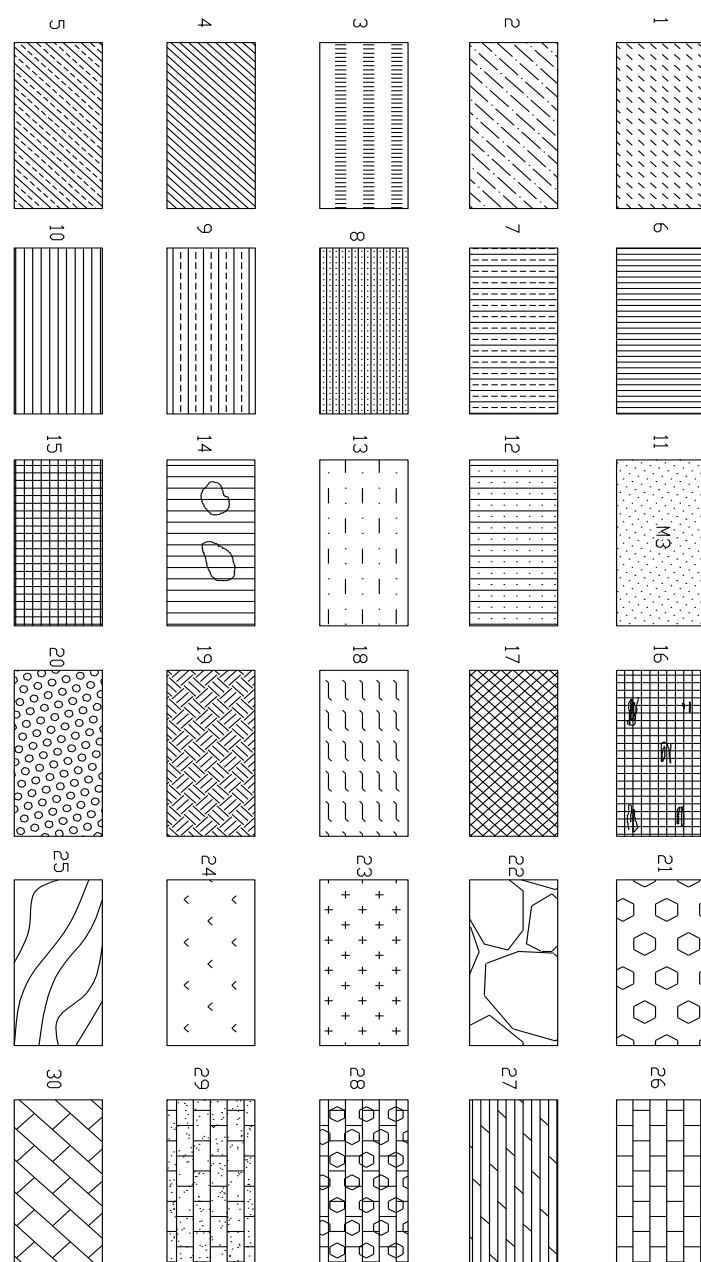


Рис. 7 Обозначения грунтов на продольном профиле: 1-супесь легкая; 2-супесь пылеватая; 3-супесь тяжелая; 4-суглинок легкий; 5-суглинок легкий пылеватый; 6-суглинок тяжелый; 7-суглинок тяжелый пылеватый; 8-глина песчанистая; 9-глина пылеватая; 10-глина жирная; II-песок мелкий; 12-песок пылеватый; 13-пльвун; 14-суглинок тяжелый валунный; 15-торф; 16-торф разгруженный; 17-сапропель; 18-ил, иловатый грунт; 19-насыпной грунт; 20-гравий; 21-галька; 22-валуны; 23-гранит; 24-диабаз; 25-сланец глинистый; 25-известняк; 27-мергель; 28-известняк-ракушечник; 29-песчаник(знак кв означает кварцевый, гл-глинистый, изв-известковый); 30-трещиноватость пород.

## Приложение 1

### Таблица П.1.1

#### Габарит сооружения в свету

Вид пересекаемого препятствия, коммуникации	Габарит в свету, м
Телефонные и телеграфные линии (в теплое время года)	5,5
ЛЭП до 1 кВ	6,0
ЛЭП до 110 кВ	7,0
ЛЭП до 150 кВ	7,5
ЛЭП до 220 кВ	8,0
ЛЭП до 330 кВ	8,5
ЛЭП до 500 кВ	9,0
ЛЭП до 750 кВ	16,0
Судоходные реки IV класса	10,0
Судоходные реки V класса	7,0
Малые реки VI - VII классов	3,5
Автомобильные дороги I - III категорий	5,0
IV - V категории и полевые дороги	4,5
Электрифицированная железная дорога	6,5
Второстепенная железная дорога	5,5
Малые постоянные водотоки, судоходы	0,75
Места устройства скотопрогонов	2,5

### Таблица П.1.2

#### Строительная высота мостов и путепроводов

Сооружение	Строительная высота, м
Мост с пролетным строением:	
6,0 - 9,0 м	0,9
12,0- 18,0 м	1,05
24,0 м	1,35
33,0 м	1,65
42,0 м	2,15
Путепровод над железной дорогой	1,0-1,1
Путепровод над полевой дорогой	0,75

## Приложение 2

### Оформление граф продольного профиля

М 1:5000 - по горизонтали

М 1:500 - по вертикали

М 1:100 - по вертикали - грунты

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## Литература

1. СП 34.13330. 2012 (взамен Строительные нормы и правила (СНиП 2.05.02-85). Автомобильные дороги / Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986).-56 с.
2. Краткий автомобильный справочник ГосНИИ автомобильного транспорта. - М.: Транспорт, 1984.-220 с.
2. Митин Н.А. Таблицы для подсчета земляного полотна автомобильных дорог - М.: Транспорт, 1977.-544 с.
3. Антонов Н.М., Боровиков Н.А., Бычков Н.Н., Фриц Ю.Н. Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах (описание и таблицы). - М.: Транспорт, 1968.-200 с.
4. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Учебник для вузов: В 2ч. - М.: Транспорт, 1987. -Ч.1.-415 с; 42. - 368 с.
5. Справочник инженера-дорожника. Изыскания и проектирование автомобильных дорог / Под ред. Федотова. - М.: Транспорт, 1989.-559 с.
6. Красильщиков И.М., Елизаров Л.В. Проектирование автомобильных дорог: Учебное пособие для техникумов. - М.: Транспорт, 1986.-215 с.
7. Бортницкий П.И., Задорожный В.И. Тягово-скоростные качества автомобилей. - Киев: Вита школа, 1978.-176 с.
8. Геньшвин В.Н., Хренов Л.С. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых. - М.: Недра, 1985.-430 с.