



А.Ю. Шаров
А.А. Чижов

КОНСТРУКЦИЯ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Екатеринбург
2015

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт лесопромышленного бизнеса и дорожного строительства

Кафедра транспорта и дорожного строительства

А.Ю. Шаров

А.А. Чижов

КОНСТРУКЦИЯ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Учебно-методическое пособие

для выполнения курсовой работы

для студентов очной и заочной форм обучения

(уровень подготовки – бакалавр), направления

190700.62 (23.03.01) «Технология транспортных процессов».

Предназначено для аспирантов очной и заочной форм обучения по

направлению 08.06.01 «Техника и технология строительства»

Екатеринбург

2015

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛБиДС.
Протокол № 4 от 23 сентября 2011 года.

Рецензент – преподаватель ФСПО В.В. Удилов

Редактор К.В. Корнева
Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева

Подписано в печать 20.08.15		Поз. 3
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 2,32	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. План трассы.....	5
1.1. Выбор направления, ориентирование трассы	5
1.2. Пример ориентирования трассы	7
2. КАМЕРАЛЬНОЕ ТРАССИРОВАНИЕ	7
2.1. Укладка трассы и определение основных элементов круговых кривых	7
2.2. Пример укладки трассы и определения основных элементов круговых кривых	9
2.3. Детальная разбивка круговой кривой	10
2.4. Пример детальной разбивки круговой кривой	10
3. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ	11
3.1. Общие положения	11
3.2. Подготовка исходных данных для проектирования продольного профиля	13
3.3. Основные требования к положению проектной линии продольного профиля	17
3.4. Проектирование проектной линии графоаналитическим способом	18
3.5. Пример проектирования продольного профиля	23
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	28
4.1. Элементы земляного полотна	28
4.2. Земляное полотно в насыпях и выемках	30
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД	32
5.1. Конструирование нежестких дорожных одежд	32
5.2. Расчет количества приложений расчетной нагрузки на поверхность конструкции	33
5.3. Пример расчета количества приложений расчетной нагрузки на поверхность конструкции	35
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	35
ПРИЛОЖЕНИЯ	36

ВВЕДЕНИЕ

Проблема безопасности движения индивидуальна для каждой страны, ее районов и должна решаться самостоятельно с учетом природно-климатических особенностей и дорожных условий.

В России обеспечение безопасности движения приобрело общенациональное значение. Повышению безопасности движения был посвящен и посвящается ряд правительственных постановлений. В то же время решение проблемы безопасности дорожного движения требует проведения комплексных мероприятий.

Для решения проблемы обеспечения безопасности движения студенту необходимы знания об автомобильной дороге как инженерном сооружении.

Цель курсовой работы – научиться самостоятельно решать вопросы ориентации трассы, определять основные элементы и главные точки закруглений, строить продольные и поперечные профили, выбирать тип дорожной одежды и определять число приложений нагрузки.

1. ПЛАН ТРАССЫ

Ось дороги, проложенная на местности, называется трассой, а графическое изображение ее проекции на горизонтальной плоскости, выполненное в определенном масштабе, – планом трассы.

1.1. Выбор направления, ориентирование трассы

На топографической карте точка A (начало трассы – HT) соединяется пунктирной линией с точкой B (конец трассы – KT). После обозначения воздушной линии трассирование на карте выполняют с соблюдением следующих требований и условий:

1. Трасса должна быть максимально приближенной к воздушной линии, т.е. к прямой, соединяющей опорные пункты.

2. Отклонения трассы от воздушной линии допускаются на участках, где имеются различные препятствия, преодоление которых технически сложно и экономически менее целесообразно, чем удлинение трассы.

Препятствия, требующие отклонения трассы от воздушной линии, могут быть контурными и высотными [1].

К контурным препятствиям относятся населенные пункты (не являющиеся опорными), заповедники, излуины крупных рек, озера, болота, горные долины (направление которых не совпадает с заданным направлением трассы), участки местности, неблагоприятные по инженерно-геологическим условиям.

Высотными препятствиями являются главные водораздельные горные хребты, глубокие и широкие котловины, отдельные возвышенности и холмы.

Степень отклонения трассы от воздушной линии характеризуется коэффициентом удлинения, равным отношению фактической длины трассы (L_ϕ) к длине трассы по воздушной линии (L_ϵ):

$$m = \frac{L_\phi}{L_\epsilon}, \quad (1.1)$$

где L_ϕ – фактическая длина трассы, м;

L_ϵ – длина трассы по воздушной линии, м.

Места отклонения трассы от воздушной линии, расположение вершин углов (BV) поворота следует выбирать так, чтобы они разбивали трассу примерно на равные части.

Затем измеряют транспортиром угол поворота первого прямолинейного участка (α_1) из начала трассы (HT). Если угол поворота первого прямолинейного участка измеряется от северного направления трассы (рис. 1.1), то это дирекционный угол (φ_1).

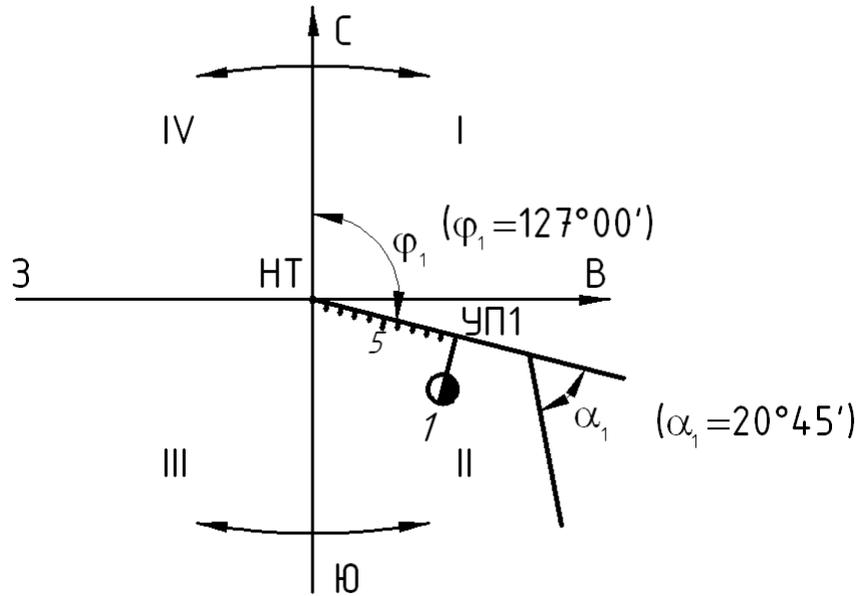


Рис. 1.1. Схема определения дирекционных углов, румбов и углов поворота

Дирекционный угол – горизонтальный угол, измеряемый от северного направления трассы по ходу часовой стрелки до первого прямолинейного отрезка трассы между *HT* и вершиной первого угла поворота (*BVI*).

Углы поворота трассы – горизонтальные углы между продолжением предыдущего направления и следующим направлением, измеряется транспортиром.

Углы поворота трассы могут быть правыми (α_{np}) и левыми ($\alpha_{лев}$).

Дирекционные углы (φ_i) последующих прямолинейных участков трассы вычисляются с использованием дирекционных углов предыдущих участков (φ_{i-1}) и углов поворота трассы по формулам:

$$\varphi_i = \varphi_{i-1} + \alpha_{np}, \quad (1.2)$$

$$\varphi_i = \varphi_{i-1} - \alpha_{лев}. \quad (1.3)$$

По дирекционным углам всех прямолинейных участков трассы вычисляются их румбы (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Связь между дирекционными углами и румбами направлений

Четверть		Дирекционный угол, φ , град.	Румб, r , град.
Номер	Название		
I	СВ	0–90°	$r = \varphi$;
II	ЮВ	90–180°	$r = 180^\circ - \varphi$;
III	ЮЗ	180–270°	$r = \varphi - 180^\circ$;
IV	СЗ	270–360°	$r = 360^\circ - \varphi$

Румб (r) – угол (компасной стрелки) между северным или южным направлением магнитного меридиана и данным направлением (рис. 1.1).

1.2. Пример ориентирования трассы

Дирекционный угол первого прямолинейного участка трассы между *НТ* и *УП*: $\varphi_{нач} = 127^{\circ}00'$.

Первый угол поворота $\alpha_{1-пр} = 20^{\circ}45'$,

второй угол поворота $\alpha_{2-лев} = 37^{\circ}00'$.

Дирекционные углы последующих направлений равны:

дирекционный угол φ_2 линии *ВУ1* – *ВУ2*:

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \alpha_{1-пр} = 127^{\circ}00' + 20^{\circ}45' = 147^{\circ}45';$$

дирекционный угол $\varphi_{кон}$ линии *ВУ2* – *КТ* (конечный):

$$\varphi_{кон} = \varphi_2 - \alpha_{2-лев} = 147^{\circ}45' - 37^{\circ}00' = 110^{\circ}45'.$$

Контроль правильности вычислений дирекционных углов всех прямолинейных участков трассы:

$$110^{\circ}45' - 127^{\circ}00' = 20^{\circ}45' - 37^{\circ}00' = -16^{\circ}15'.$$

Вычисление румбов:

$$\varphi_{нач} = 127^{\circ}00' \text{ (II-ая четверть);}$$

$$r_{нач} = 180^{\circ}00' - \varphi_1 = 180^{\circ}00' - 127^{\circ}00' = 53^{\circ}00' \text{ (ЮВ);}$$

$$\varphi_2 = 147^{\circ}45' \text{ (II-ая четверть);}$$

$$r_2 = 180^{\circ}00' - 147^{\circ}45' = 32^{\circ}15' \text{ (ЮВ);}$$

$$\varphi_{кон} = 110^{\circ}45' \text{ (II-ая четверть);}$$

$$r_{кон} = 180^{\circ}00' - 110^{\circ}45' = 69^{\circ}15' \text{ (ЮВ).}$$

2. КАМЕРАЛЬНОЕ ТРАССИРОВАНИЕ

Камеральное трассирование линейных сооружений выполняют на двух стадиях проектирования: для разработки предпроектной документации и для разработки проекта.

2.1. Укладка трассы

и определение основных элементов круговых кривых

Последовательность укладки трассы следующая:

– уточняем предварительно намеченное положение вершин углов поворота трассы и соединяем вершины прямыми линиями (длину последних измеряем масштабной линейкой с точностью до 0,2 мм, а углы поворота – транспортиром с точностью до 15'). Затем переносим ось трассы на план;

– вписываем на поворотах трассы круговые кривые по возможности больших радиусов;

– определяем по формулам или выписываем значения основных элементов круговых кривых;

- вычисляем пикетажное положение вершин углов поворота;
- определяем длины прямых вставок;
- по окончании вычислений делаем проверку длины трассы.

Основными элементами круговых кривых (рис. 2.1) являются:

T – тангенс, расстояние от BV поворота до начала круговой кривой (HKK) или конца круговой кривой (KKK), м;

K – кривая, длина круговой кривой от HKK до KKK , м;

B – биссектриса (бисектр), расстояние от BV до вершины (середины) круговой кривой (CKK) по биссектрисе горизонтального угла между смежными прямыми участками трассы, м;

D – домер, величина, показывающая, насколько длина двух тангенсов ($2T$) больше длины кривой (K), м.

Размеры основных элементов круговой кривой зависят от величины радиуса (R) круговой кривой, определяемого нормами проектирования (СНиП, СП) и угла поворота (α).

Основные элементы круговой кривой определяются по таблицам [2] или рассчитываются по формулам:

$$T = R \operatorname{tg} \alpha / 2, \quad (2.1)$$

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

$$B = R(\sec \alpha / 2 - 1) = R \left(\frac{1}{\cos \alpha / 2} - 1 \right), \quad (2.3)$$

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

Положение вершины угла № 1 определяется по формуле:

$$BV_1 = HT + S_1, \quad (2.5)$$

где HT – начало трассы ($ПК0$);

S_1 – расстояние от начала трассы до вершины угла № 1 (измеренное на карте).

Для каждого последующего угла поворота пикетажное положение вершины определяется по формуле:

$$BV_n = ПКВU_{n-1} + S_n - D_{n-1}, \quad (2.6)$$

где $ПКВU_{n-1}$ – пикетажное положение вершины угла поворота предыдущего угла;

n – порядковый номер угла поворота;

S_n – расстояние между вершинами смежных углов поворота, м;

D_{n-1} – домер предыдущей круговой кривой, м.

Линейный контроль проводится по формулам:

$$\sum 2T - \sum K = \sum D, \quad (2.7)$$

$$KT = \sum P + \sum K, \quad (2.8)$$

$$KT = \sum S - \sum D, \quad (2.9)$$

где P – прямая вставка, м.

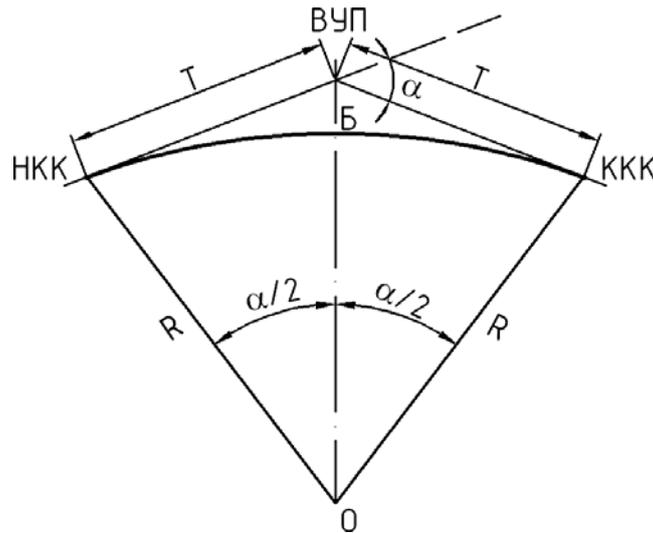


Рис. 2.1. Основные элементы круговых кривых

Длина прямой вставки (вставок) определяется как расстояние между началом трассы и началом круговой кривой (HT и HKK), концом трассы и концом круговой кривой (KT и KKK), концом первой круговой кривой и началом второй круговой кривой ($KKK1$ и $HKK2$) или разностью между вершиной угла поворота и тангенсом ($ВУ - T$).

2.2. Пример укладки трассы и определения основных элементов круговых кривых

Определение основных элементов круговых кривых.

Исходные данные: $R = 800$ м; $\alpha = 9^\circ 00'$; $ВУ1 = 1862,97$ м.

$$T = 800 \operatorname{tg} 9/2 = 62,97 \text{ (м)};$$

$$K = \frac{3,1416 \cdot 800 \cdot 9}{180^\circ} = 125,66 \text{ (м)};$$

$$B = 800 \left(\frac{1}{\cos 9/2} - 1 \right) = 2,47 \text{ (м)};$$

$$D = 2 \cdot 62,97 - 125,66 = 0,28 \text{ (м)}$$

Вычисление пикетажного положения вершин углов поворота и основных точек круговых кривых:

$ \begin{aligned} &HT\text{ ПК } 0 + 0,00 \\ &\quad + \underline{S_1\ 1862,97} \\ &ВУ1\text{ ПК } 18 + 62,97 \\ &\quad + \underline{S_2\ 1800,00} \\ &ПК\ 36 + 62,97 \\ &\quad - \underline{Д_1\ 0,28} \\ &KT = ПК\ 36 + 62,69 \end{aligned} $	$ \begin{aligned} &ВУ1\text{ ПК } 18 + 62,97 \\ &\quad - \underline{T_1\ 62,97} \\ &НKK\text{ ПК } 18 + 0,00 \\ &\quad + \underline{K\ 125,66} \\ &KKK\text{ ПК } 19 + 25,66 \\ &\quad - \underline{1/2 \cdot K\ 62,83} \\ &СКК\text{ ПК } 18 + 62,83 \\ &\quad + \underline{1/2 \cdot Д\ 0,14} \\ &ВУ1\text{ ПК } 18 + 62,97 \end{aligned} $
--	---

Длина прямой вставки:

$$P_1 = 1862,97 - 62,97 = 1800,00; P_2 = 1800,00 - 62,97 = 1737,03.$$

Линейный контроль:

$$\sum 2 \cdot 62,97 - \sum 125,66 = \sum 0,28;$$

$$3662,69 = \sum 3537,03 + \sum 125,66;$$

$$3662,69 = \sum 3662,97 - \sum 0,28.$$

2.3. Детальная разбивка круговой кривой

Перед определением высот точек трассы по карте все пикеты, оказавшиеся при их разбивке на тангенсах, переносят на круговую кривую. Вынос пикетов на кривую выполняется способом прямоугольных координат. За ось X системы координат принимается направление тангенсов, за ось Y – направление радиусов закруглений, начало координат – в точках $НKK$ и KKK (рис. 2.1).

Для вычисления координат в системе XOY используют формулы:

$$X = R \sin \gamma, \quad (2.10)$$

$$Y = R(1 - \cos \gamma), \quad (2.11)$$

где R – радиус закругления, м;

γ – центральный угол круговой кривой, град.;

$$\gamma = \frac{\kappa}{K} \alpha, \quad (2.12)$$

где κ – длина кривой от $НKK$ до выносимого пикета (шаг разбивки), м;

K – длина всей круговой кривой от $НKK$ до KKK , м;

α – угол поворота, град.

2.4. Пример детальной разбивки круговой кривой

Детальную разбивку круговой кривой производят, как правило, до середины кривой (*СК*), далее зеркально.

Исходные данные: $R = 800$ м; $\kappa = 25$ м; $K = 125,66$ м; $\alpha = 9^{\circ}00'$; $НКК = 1800,00$; $СК = 1862,83$ м.

$$\gamma = \frac{25}{125,66} \cdot 9 = 1,79^{\circ};$$

$$X = 800 \sin 1,79 = 24,99 \text{ (м)};$$

$$Y = 800(1 - \cos 1,79) = 0,39 \text{ (м)}.$$

Данные заносим в ведомость координат X и Y для детальной разбивки круговой кривой (табл. 2.1)

Таблица 2.1

Ведомость координат X и Y для детальной разбивки круговой кривой

№	Положение		Расстояние	Координаты	
	<i>ПК</i>	+		X	Y
<i>НКК</i>	18	00,00	0	0	0
	18	25,00	25	24,99	0,39
	18	50,0	50	49,95	1,56
<i>СКК</i>	18	62,83	62,83	62,77	2,47

3. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

3.1. Общие положения

Продольный профиль дороги – это проекция оси дороги на вертикальную плоскость, совпадающую с направлением дороги.

Каждое проектное решение на продольном профиле принимается на основе комплексной оценки всех факторов и условий, влияющих на параметры дороги, в том числе: ситуационные особенности местности, топографические, климатические, почвенно-грунтовые, гидрогеологические и другие условия.

Для изображения продольного профиля дороги на чертеже принимают основные масштабы: по горизонтали 1:5000; по вертикали 1:500; грунтовый 1:50 (допускается 1:100). Масштабы изображения указывают над боковиком таблицы (рис. 3.1).

Сетку продольного профиля рекомендуется вычерчивать так, чтобы вертикальная линия штампа сетки справа и верхняя горизонтальная линия совпали с жирными линиями сетки миллиметровки. После вычерчивания сетки вписывают фактические данные в соответствующие графы, а затем вычерчивают линию поверхности земли (черный профиль).

		<i>Тип местности по увлажнению</i>		5	
<i>Проектные данные</i>	<i>Тип поперечного профиля</i>			5	
		<i>слева</i>	<i>справа</i>	5	
	<i>Левый кювет</i>	<i>Укрепление</i>		5	
		<i>Уклон, ‰, Длина, м</i>		10	
		<i>Отметка дна, м</i>		35	
	<i>Правый кювет</i>	<i>Укрепление</i>		5	
		<i>Уклон, ‰, Длина, м</i>		10	
		<i>Отметка дна, м</i>		15	
			<i>Уклон, ‰, вертикальная кривая</i>		10
			<i>Отметка оси дороги, м</i>		15
<i>Фактические данные</i>	<i>Отметка земли, м</i>		15		
	<i>Расстояние, м</i>		10		
		<i>Пикет</i> <i>Элементы плана</i> <i>Километры</i>		20	
				145	
10	25	20	20		
				75	

Рис. 3.1. Таблица боковика продольного профиля

Последовательность вычерчивания продольного профиля:

1. Разбивают графу «Расстояние» на пикеты и снизу (в графе «Пикет, Элементы плана, Километры») подписывают номера пикетов. Положение плюсовых точек показывают в пикетах вертикальными линиями и записывают расстояния между точками.

2. Показывают в графе «Пикет, Элементы плана, Километры» километровые знаки, прямые и кривые плана трассы. На прямых участках сверху указывают их длину, а снизу – румб. Кривые в плане от начала закругления (*НЗ*) до конца закругления (*КЗ*) показывают скобками вверх – при правом повороте, вниз – при левом. В точках *НЗ* и *КЗ* указывают расстояния до предыдущих пикетов. На свободном месте записывают номер и величину угла, значение радиуса, вираж и уширение.

3. Записывают в графу «Отметка земли» фактические отметки земли (вычисленные по горизонталям на карте).

4. Устанавливают условный горизонт (*УГ*) для вычерчивания профиля (условный горизонт равен 2 см). Линию поверхности земли в самой нижней точке рекомендуется располагать на расстоянии 14–16 см от верхней линии сетки. Принятую величину *УГ* заносят на верхнюю линию сетки продольного профиля.

5. По данным графы «Отметка земли» строят линию поверхности земли по оси дороги, откладывая против каждого пикета и плюсовой точки (по вертикали от верха рамки сетки) ординаты, равные H_z – отметке поверхности земли.

6. Для заполнения графы «Тип местности по увлажнению» необходимо установить номер типа местности по признакам увлажнения верхнего слоя земли. Классификация типов местности по характеру и степени увлажнения представлена в прил. 1. Основные признаки увлажнения (сток поверхностных вод, уровень подземных вод и др.) устанавливаются по топографической карте (по результатам бурения скважин) и на основе характеристик района проложения трассы.

7. Оставшиеся графы заполняют по результатам принятых проектных решений.

При вычерчивании продольного профиля необходимо пользоваться соответствующими условными знаками.

3.2. Подготовка исходных данных для проектирования продольного профиля

Отметки поверхности земли снимают с топографической карты по оси проложенной трассы, вычисляя их на каждом пикете и плюсовых точках. Плюсовыми точками на карте являются точки пересечения оси дороги с горизонталью.

Отметки точек, расположенных внутри замкнутой горизонтали или за пределами горизонталей, определяют экстраполяцией.

Для определения графического положения проектной линии необходимо определить рабочие отметки контрольных точек. Рабочая отметка определяется как разность между проектной отметкой и отметкой земли по оси дороги.

Контрольными называют точки, где высотное расположение проектной линии строго фиксируется вследствие ситуационных особенностей и требований строительных норм.

Контрольными точками являются: начальная точка трассы; пересечения трассы с реками и периодически действующими водотоками; пересечения с автомобильными и железными дорогами; границы различных контурных зон и ограничивающие точки, ниже которых не допускается прохождение проектной линии.

При безнапорном режиме протекания потока минимальная рабочая отметка (высота насыпи) над трубой должна быть не менее вычисленной по формуле:

$$H_p = d + 2\delta + \Delta + h_{\delta.o}, \quad (3.2)$$

где d – диаметр круглой трубы или высота в свету прямоугольной трубы, м (определяют гидравлическим расчетом в зависимости от расчетного расхода воды);

δ – толщина стенки круглой трубы или толщина плиты перекрытия прямоугольной трубы, м;

Δ – толщина засыпки трубы у входного оголовка, м, принимается равной 0,5 м при толщине дорожной одежды ($h_{\delta.o}$) менее 0,5 м, при $h_{\delta.o} > 0,5$ м толщину засыпки следует принять $\Delta \geq h_{\delta.o}$;

$h_{\delta.o}$ – толщина дорожной одежды, м.

Руководящая отметка ($H_{рук}$) – это отметка, которой следует придерживаться при нанесении проектной линии. Величина руководящей отметки определяется по СНиП [3] с учетом ограничений и требований, зависящих от ДКЗ, типа грунта и типа местности по увлажнению (табл. 3.1).

По условиям увлажнения верхней толщии грунта строительные нормы выделяют три типа местности:

- 1-й тип – сухие участки;
- 2-й тип – сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года;
- 3-й тип – мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением.

Таблица 3.1

Наименьшее возвышение поверхности покрытия

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

Примечание. В числителе – возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 сут.) стоящих поверхностных вод; в знаменателе – то же над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут.) стоящих поверхностных вод.

Для безошибочного определения типа местности по увлажнению необходимо пользоваться классификацией СНиП (прил. 1), где представлены для II–V дорожно-климатических зон и каждого типа местности классификационные признаки по условиям увлажнения верхней толщии грунтов.

На местности, отнесенной к 1-му типу (сухие участки), руководящую отметку, как правило, назначают по условию незаносимости дороги снегом.

На участках, отнесенных к местности 2-го типа (сырые участки), когда поверхностный сток не обеспечен, но поверхностные воды стоят кратковременно (менее 30 сут.) и грунтовые воды *не влияют* на увлажнение верхней толщии, руководящая отметка равна знаменателю табл. 3.1.

На участках 3-го типа, где поверхностные воды стоят длительно (более 30 сут.) и влияют на увлажнение верхней толщии, а также при наличии верховодки и болотных, и полуболотных почв руководящая отметка равна:

$$H_p = H_d + h_n, \quad (3.3)$$

где H_d – высота длительно стоящих поверхностных вод, м, устанавливается по данным инженерных изысканий (по заданию на проектирование) или по метеорологическим справочникам;

h_n – нормативное значение минимального возвышения поверхности покрытия над уровнем верховодки или длительно стоящих поверхностных вод, м, принимается по числителю табл. 3.1.

На местности 3-го типа с *высоким залеганием грунтовых вод* возвышение поверхности покрытия должно соответствовать числителю табл. 3.1, но не превышать табличные значения более чем в 1,5 раза.

По условию незаносимости дороги снегом руководящая отметка равна:

$$H_p = H_{сн} + h_{бр}, \quad (3.4)$$

где $H_{сн}$ – расчетная высота снегового покрова, м, принимается в зависимости от района строительства по среднемноголетним наблюдениям (при вероятности превышения 5 %);

$h_{бр}$ – наименьшее возвышение бровки насыпи над уровнем снегового покрова, м.

Значение $h_{бр}$ принимают в зависимости от категории дороги: $h_{бр} = 1,2$ м – для дорог I категории и 0,7; 0,6; 0,5 и 0,4 м, для дорог II, III, IV и V категорий соответственно.

Рабочие отметки, установленные по условиям увлажнения земляного полотна на каждом характерном участке, необходимо сравнить с отметкой по условию незаносимости дороги снегом и наибольшую из них принять за руководящую (для данного участка).

В районах, где расчетная высота снегового покрова $H_{сн} > 1$ м, необходимо проверять достаточность возвышения бровки насыпи над снеговым покровом по условию беспрепятственного размещения снега, сбрасываемого с дороги при снегоочистке. Возвышение *бровки насыпи* над расчетным уровнем снегового покрова по условиям снегоочистки $\Delta h_{сч}$ должно быть не менее вычисленного по формуле:

$$\Delta h_{сч} = 0,375 h_s \frac{B}{a}, \quad (3.5)$$

где B – ширина земляного полотна, м;

a – расстояние отбрасывания снега с дороги снегоочистителем, м, для дорог с регулярным режимом зимнего содержания допускается принимать $a = 8$ м.

3.3. Основные требования к положению проектной линии продольного профиля

Современная автомобильная магистраль должна обладать высокими транспортно-эксплуатационными качествами и по возможности удовлетворять требованиям эстетики сооружения. Поэтому задача нанесения проектной линии должна решаться с учетом всех влияющих факторов: рельефа местности, гидрогеологических, гидрологических и прочих условий, а также с учетом требований и ограничений, установленных строительными нормами.

В равнинной местности с плавными формами рельефа проектную линию наносят по принципу обертывающей, т.е. в насыпях с руководящей рабочей отметкой [1].

В пересеченной местности проектная линия в ряде мест может проходить в виде секущей. Проектируя такие участки, необходимо стремиться к обеспечению баланса объемов земляных работ на смежных участках насыпей и выемок.

В горной местности и особенно если трасса проложена на крутых ко-согорах, положение проектной линии рекомендуется устанавливать так, чтобы земляное полотно располагалось в полунасыпи-полувыемке, с обеспечением баланса объемов земляных работ в поперечном направлении.

Не допускается в выемках устройство вогнутых кривых и горизонтальных участков.

При неблагоприятных *грунтово-геологических условиях* (пучинистые пылеватые грунты) глубину выемки по возможности следует уменьшать, поскольку качество грунтов не позволяет использовать их для отсыпки насыпи на смежных участках дороги.

На открытых участках, где в зимних условиях преобладают направления ветра под углом, близким к 90° , а следовательно, большая вероятность снежных заносов, выемок рекомендуется избегать, особенно мелких. На участках, запроектированных в насыпях, руководящую отметку, как правило, назначают из условия незаносимости дороги снегом.

Продольные уклоны необходимо стремиться принимать не более 30 %. На участках, где по условиям местности не представляется возможным выполнить это условие, допускается принимать предельные уклоны, нормируемые в зависимости от рельефа местности и категории дороги (прил. 2).

Для обеспечения зрительной ясности и плавности движения положение проектной линии необходимо увязывать с планом трассы. Кривые в плане и продольном профиле, как правило, следует совмещать. 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.

Переломы проектной линии в продольном профиле следует сопрягать кривыми (выпуклыми и вогнутыми) при алгебраической разности уклонов 5 ‰ и более – на дорогах I и II категорий, 10 ‰ и более – на дорогах III категории и 20 ‰ и более на дорогах IV и V категорий.

3.4. Проектирование проектной линии графоаналитическим способом

Суть графоаналитического способа заключается в том, что на резких переломах продольного профиля проектируют вертикальные кривые

параболического очертания, используя для этой цели специальные лекала – шаблоны.

Вертикальная кривая параболического очертания представляет собой геометрическое место векторных точек, уклон которых изменяется по уравнению параболы. Касательная к вертикальной кривой в каждой точке имеет один строго заданный уклон, численная величина которого зависит от радиуса кривой и изменяется постепенно. При этом чем больше радиус параболической кривой, тем медленнее изменяется уклон и координаты векторных точек, а проектная линия становится более плавной.

Векторная точка, в которой касательная к кривой имеет уклон $i = 0$, является вершиной (центром) кривой (рис. 3.3).

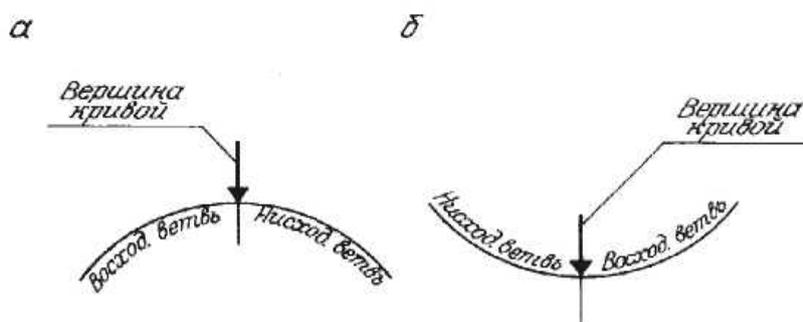


Рис. 3.3. Схема нисходящих и восходящих ветвей кривых:
a – выпуклая кривая; *b* – вогнутая кривая

При расположении начала координат в вершине кривой координаты параболической кривой связаны уравнением:

$$Y = \frac{X^2}{2R}, \quad (3.6)$$

где X и Y – координаты параболы;

R – радиус кривизны.

В дорожном проектировании принято допущение о равенстве длины элемента профиля его горизонтальной проекции (на рис. 3.4 отрезок кривой $MO = l$), поэтому для привязки вертикальной кривой в продольном профиле пользуются уравнением:

$$h = \frac{l^2}{2R}, \quad (3.7)$$

где h – превышение вершины параболической кривой над любой (произвольно взятой) точкой M в пределах этой кривой.

Нанесение проектной линии графоаналитическим способом состоит в том, чтобы выполнить стыкование или сопряжение рационально

подобранных прямолинейных отрезков проектной линии, а также отрезков вертикальных кривых заранее подобранных радиусов.

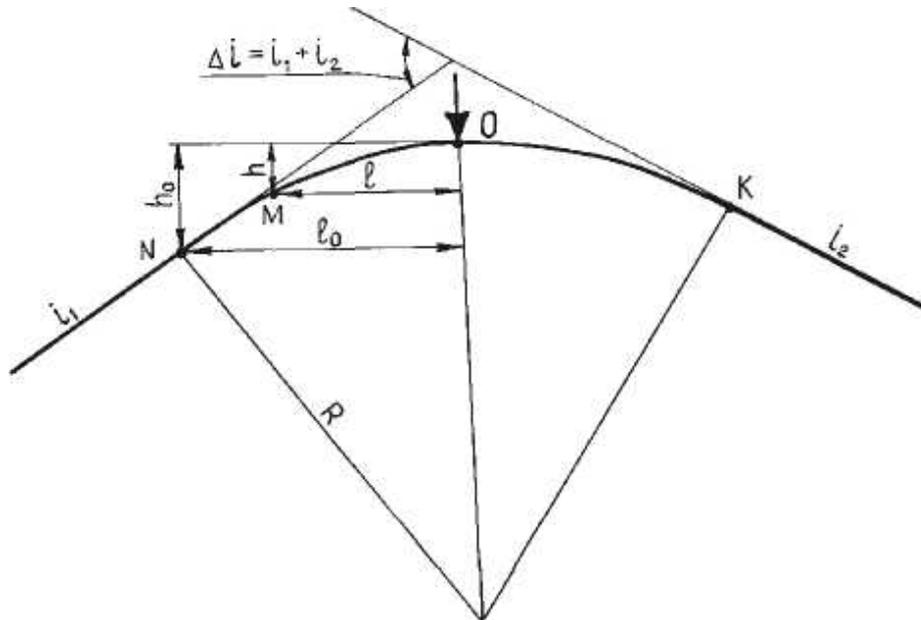


Рис. 3.4. Расчетная схема параболической кривой (выпуклая кривая)

Под стыкованием понимают соединение двух смежных элементов проектной линии путем продления одного или обоих. В качестве стыкуемых элементов могут быть только прямолинейные участки или только кривые (рис. 3.5).

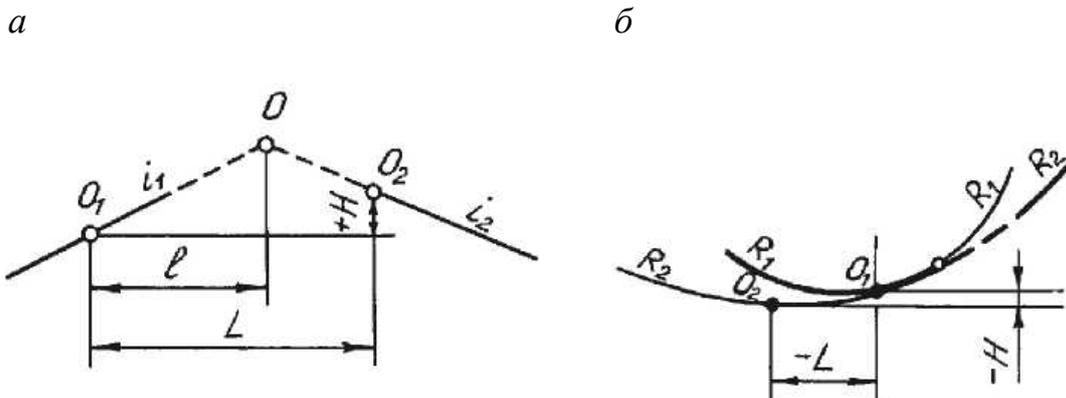


Рис. 3.5. Схемы стыкования:

a – двух прямых участков (при условии $i_1 = i_2$); *б* – двух кривых (при условии $R_2 > R_1$)

Для проектирования вертикальных кривых используют прозрачные лекала – шаблоны, изготовленные в масштабе продольного профиля. Шаблоны представляют собой параболические очертания вертикальных

кривых различных радиусов. На рис. 3.6 показан шаблон вертикальных кривых $R = 2500$ м (верхний обрез шаблона) и $R = 1000$ м (нижний обрез).

На периметре шаблонов цифрами показаны (в тысячных) уклоны касательных в точках, обозначенных штрихами. Вершина кривой обозначена цифрой 0 (уклон касательной $i = 0$). Для ориентирования на шаблоны нанесены горизонтальная и вертикальная линии. При работе эти линии должны точно совпадать с сеткой миллиметровой бумаги.

При пользовании шаблонами необходимо соблюдать следующие правила.

1. При подборе положения проектной линии шаблоны можно перемещать относительно линии поверхности земли вверх, вниз, вправо, влево, но при этом оси шаблона (горизонтальная и вертикальная линии) должны оставаться строго параллельными линиям миллиметровой бумаги.

2. Смежные вертикальные кривые должны стыковаться между собой в точках с одинаковыми продольными уклонами, т.е. касательные в точке стыковки кривых должны иметь одинаковые уклоны и направления (см. рис. 3.5).

3. При стыковании прямолинейного участка с кривой и наоборот касательная в точке стыкования должна иметь тот же уклон, что и прямолинейный участок.

4. Горизонтальный участок должен начинаться и заканчиваться с вершины кривой ($i = 0$).

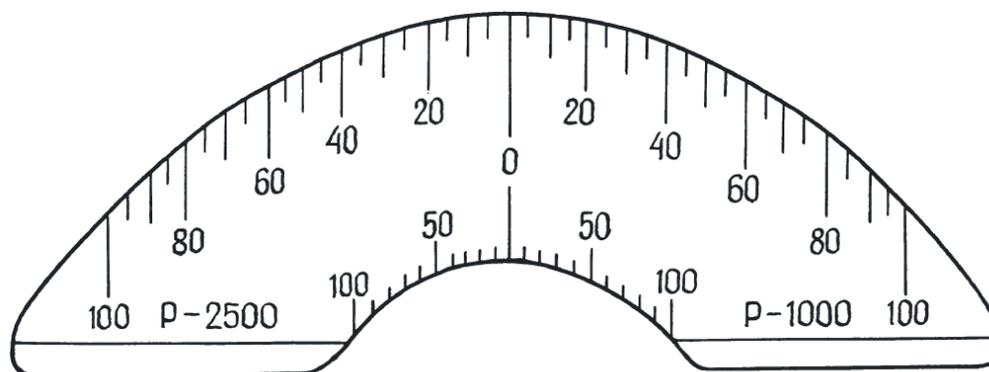


Рис. 3.6. Расчетная схема параболической кривой (выпуклая кривая)

Пикетажное положение связующих точек всегда определяют сразу после нанесения кривой по шаблону, последовательно переходя к следующей.

Наиболее удобно вести расчеты по схеме рис. 3.4 (начало координат расположено в вершине кривой), пользуясь следующими обозначениями:

l – расстояние от вершины кривой до искомой точки, м;

h – превышение вершины кривой над точкой M , м;

i – уклон касательной к кривой в точке M , ‰;

K – длина кривой, м.

Расстояние между двумя любыми точками параболической кривой с уклонами i_2 и i_1 равно:

$$L = (i_2 - i_1)R, \quad (3.8)$$

где i_2 – уклон точки, расположенной справа от вершины кривой, доли единицы;

i_1 – уклон точки, расположенной слева от вершины, доли единицы.

В формуле (3.8) и последующих принято следующее *правило знаков*:

– радиусы вогнутых кривых положительны, выпуклых – отрицательны;
 – уклоны подъемов положительны, спусков – отрицательны;
 – превышения положительны, если последующая точка выше предыдущей, и отрицательны в противном случае. Последовательность точек принимается слева направо. Расстояние от вершины до точки с уклоном i_2 , расположенной справа от вершины кривой, равно

$$l_2 = i_2 R. \quad (3.9)$$

Расстояние от вершины до точки с уклоном i_1 , расположенной слева от вершины,

$$l_1 = -(i_1 R). \quad (3.10)$$

Для вычисления превышений *связующих точек* пользуются формулами:

– превышение правой точки с уклоном i_2 над левой точкой с уклоном i_1 равно

$$H = \frac{(i_2^2 - i_1^2)R}{2}. \quad (3.11)$$

Превышение вершины кривой над точкой с уклоном i_2 , расположенной справа от вершины,

$$h_2 = \frac{i_2^2 R}{2}. \quad (3.12)$$

Превышение вершины кривой над точкой с уклоном i_1 , расположенной слева от вершины,

$$h_1 = -\frac{i_1^2 R}{2}. \quad (3.13)$$

При вычислении превышения вершины над промежуточными точками необходимо пользоваться формулами:

– превышение вершины над точкой, расположенной справа от вершины, равно

$$h_2 = \frac{l^2}{2R}; \quad (3.14)$$

– превышение вершины над точкой, расположенной слева от вершины,

$$h_1 = -\frac{l^2}{2R}. \quad (3.15)$$

К промежуточным точкам относятся: пикеты, плюсовые и другие точки, расположенные в пределах вертикальных кривых или в пределах прямолинейных участков продольного профиля. К вычислению проектных отметок промежуточных точек приступают только после оценки положения проектной линии и заключения о соответствии рабочих отметок связующих точек требованиям строительных норм.

Проектные отметки промежуточных точек на кривых всегда вычисляют *от вершины кривой* (от начала координат) в такой последовательности:

- устанавливают по чертежу положение промежуточной точки (расстояние от вершины до промежуточной точки l) и величину радиуса кривой;
- по известным значениям R и l выписывают из таблиц или определяют по формулам превышение вершины над данной точкой;
- вычисляют проектные, а затем и рабочие отметки.

Проектные отметки промежуточных точек на прямых вычисляют по формуле:

$$h_1 = \frac{H_2 - H_1}{l}, \quad (3.16)$$

где H_2 и H_1 – последующая и предыдущая точки прямой, м;
 l – расстояние между искомыми точками, м.

3.5. Пример проектирования продольного профиля

Задание: запроектировать продольный профиль дороги III категории (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Нормы проектирования продольного профиля дороги категории III

Параметры продольного профиля	Значение по СНиП
Уклоны проектной линии, %:	
рекомендуемые	30
допускаемые при скорости, км/ч:	
100	60
80	50
Радиусы вертикальных кривых, м:	
рекомендуемые:	
выпуклых кривых	70000
вогнутых кривых	8000

Окончание табл. 3.2

Параметры продольного профиля	Значение по СНиП
<i>допускаемые при скорости 100 км/ч:</i>	
выпуклых кривых	10000
вогнутых кривых	3000
<i>допускаемые при скорости 80 км/ч:</i>	
выпуклых кривых	5000
вогнутых кривых	2000
<i>допускаемые в особо трудных условиях рельефа (в горной и сильно пересеченной местности) при скорости 60 км/ч:</i>	
выпуклых кривых	2500
вогнутых кривых	1500
<i>Минимальная длина вертикальной кривой, м:</i>	
выпуклой	300
вогнутой	100
Алгебраическая разность смежных уклонов, при которой перелом проектной линии должен сопрягаться с вертикальной кривой, ‰	10 и более
<i>Наименьшее расстояние видимости при скорости 100 км/ч, м:</i>	
для остановки	200
встречного автомобиля	350
Минимальный уклон проектной линии в выемках, ‰	5

Решение

Подготовку исходных данных выполняем поэтапно. Первый этап заключается в вычерчивании линии поверхности земли и внесении известных фактических данных в соответствующие графы сетки продольного профиля.

На основе описания гидрогеологических и других условий района вычерчиваем грунтово-геологический профиль в масштабе 1:50, где обозначаем основные характеристики грунтов, влияющие на проектные решения (тип грунта, уровень грунтовых вод и др.).

Для установления типа местности используем топографическую карту и следующие исходные данные:

- тип грунта по трассе – суглинки легкие;
- установившийся уровень грунтовых вод (УГВ) в предморозный период на глубине 3,6 м от поверхности земли;
- глубина промерзания грунта 1,9 м.

Согласно СНиПу 2.05.02.-85, поверхностный сток считается обеспеченным при уклонах поверхности грунта в пределах полосы отвода более 2 ‰, а поскольку рельеф местности относится к пересеченному, делаем заключение: поверхностный сток обеспечен.

По прил. 1 устанавливаем, что если на местности суглинки легкие, то грунтовые воды не оказывают влияния на увлажнение верхней толщи грунтов в случае, если уровень грунтовых вод в предморозный период расположен

ниже глубины промерзания не менее чем на 1,5 м. Согласно исходным данным примера, УГВ – на глубине 3,6 м, а промерзание грунтов – до 1,9 м. Вычисляем: $3,6 - 1,9 = 1,7 \text{ м} > 1,5 \text{ м}$. Следовательно, грунтовые воды не оказывают влияния на увлажнение грунта.

Сравнивая другие характеристики местности с классификационными, установленными СНиПом 2.05.02-85 для II ДКЗ, делаем заключение: трасса практически на всем протяжении проходит на местности 1-го типа. Исключение – пересечения логов, где 2-й тип местности (зона периодически избыточного увлажнения).

Границы участков по типу местности обозначаем в графе 1 продольного профиля.

Контрольными являются точки пересечения оси трубы с осью дороги: ПК22+00 и ПК28+75. Других точек, относящихся к контрольным, по трассе нет.

Рабочая отметка на ПК22+00 должна быть $H_{\min} = 3,3 \text{ м}$.

На ПК28+75 назначена типовая круглая труба с раструбным оголовком. Диаметр отверстия $d = 1,75 \text{ м}$, толщина звена (толщина стенки) $\delta = 0,16 \text{ м}$. Минимальную рабочую отметку на ПК28+75 вычисляем по формуле (3.2), принимая толщину засыпки над трубой Δ равной толщине дорожной одежды $h_{д.о} = 0,65 \text{ (м)}$.

$$H_{\min} = 1,75 + 2 \cdot 0,16 + 2 \cdot 0,65 = 3,37 \text{ (м)}.$$

Руководящую отметку по условиям увлажнения грунта определяем по нормам, установленным в зависимости от ДКЗ и вида грунта (табл. 3.1), а также в зависимости от условия заносимости дороги снегом. Большую из них принимаем для дальнейших расчетов.

По табл. 3.1 устанавливаем, что на участках с *необеспеченным* стоком поверхностных вод и суглинках легких возвышение поверхности покрытия над поверхностью земли (или над уровнем кратковременно стоящих поверхностных вод) должно быть не менее 1,6 м.

На участках 1-го типа местности с обеспеченным стоком руководящую отметку назначаем по условию заносимости дороги снегом по формуле (3.4) (толщина снегового покрова $H_{сн} = 0,74 \text{ м}$).

$$H_p = 0,74 + 0,6 = 1,34 \text{ (м)}.$$

Сравниваем руководящую отметку по условию увлажнения земляного полотна с вычисленной по формуле (3.4) и принимаем для проектирования продольного профиля на местности 1-го типа наибольшую из них – $H_p = 1,6 \text{ м}$.

На участке трассы ПК19–ПК31 проектную линию наносим с помощью специальных лекал в такой последовательности (рис. 3.7):

1. На продольном профиле, вычерченном по отметкам поверхности земли, намечаем ориентировочное положение отметок контрольных точек (в местах пересечения логов на ПК22 и ПК28+75).

2. Помня, что проектная линия на контрольных точках не может проходить ниже обозначенных отметок, подбираем шаблон для каждого перелома профиля, где разность смежных уклонов более 10 ‰. На проектируемом участке рис. 3.7 такими оказались лекала радиусов $R = 4000$ м, $R = 5000$ м и $R = 6000$ м.

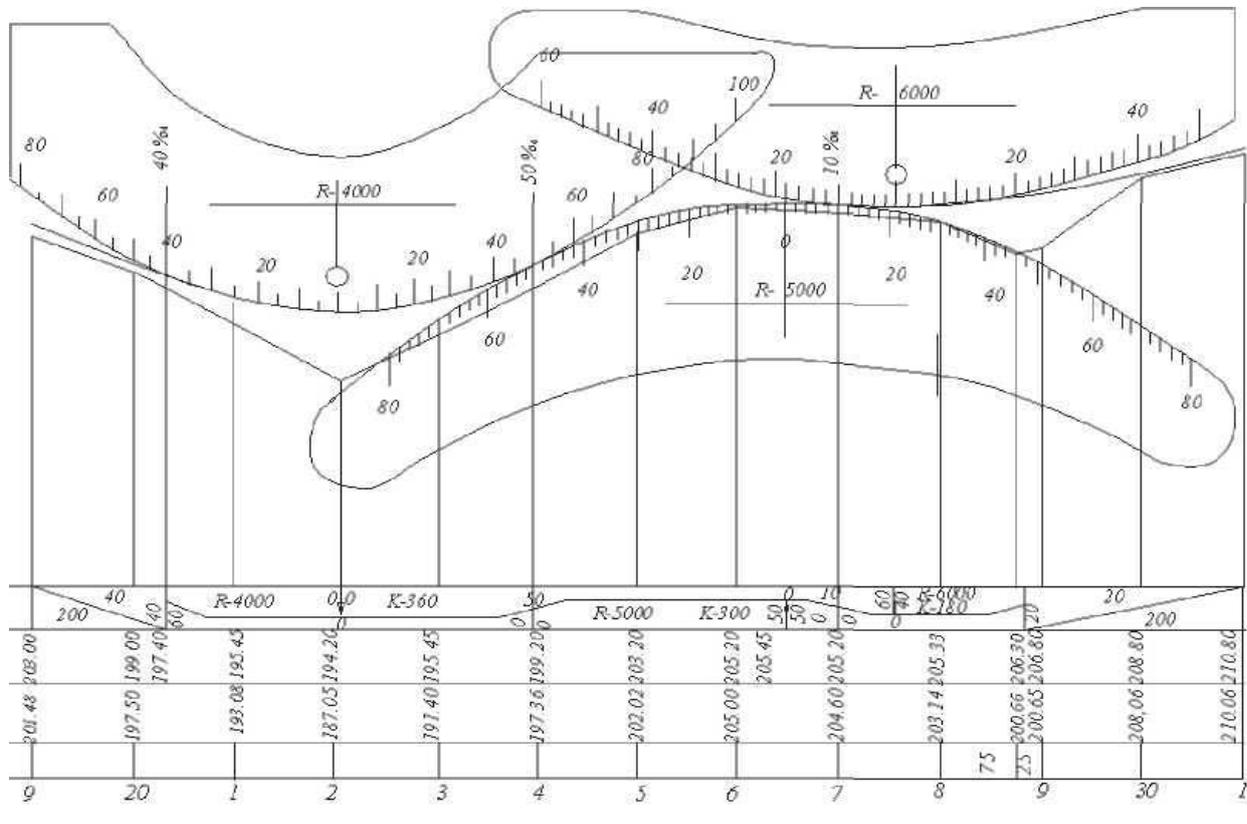


Рис. 3.7. Фрагмент продольного профиля, запроектированного вертикальными кривыми (вариант без устройства выемки)

3. Уклон первого прямолинейного участка назначаем $i = 40$ ‰, поэтому нисходящую ветвь первой вертикальной (вогнутой) кривой начинаем вычерчивать с того же уклона 40 ‰ (на шаблоне штрих с цифрой 40). Эта точка является точкой стыкования прямолинейного участка с кривой $R = 4000$ м. Заканчиваем вычерчивание первой вертикальной кривой в точке с допусаемым уклоном $i = 50$ ‰ и т.д.

Пикетажное положение связующих точек ($НВК$, $КВК$, $ВВК$), начиная с вершины кривой до точки с известным уклоном $i_1 = 0,038$, расположенной слева от вершины при радиусе 23700 м определяем по формуле (3.10):

$$l_1 = - [0,038(-23700)] = +900,60.$$

Далее определяем пикетажное положение вершины:

$$ПК0+900,60 = ПК9+0,6.$$

Затем определяем расстояние от вершины до точки с уклоном $i_2 = 22 \text{ ‰}$, расположенной справа от вершины, по формуле (3.9):

$$l_2 = (-0,022)(-23700) = +521,40.$$

Находим пикетажное положение конца кривой:

$$KBK = BVK + l_2 = ПК(9 + 0,6) + 521,40 = ПК14+22$$

и вычисляем длину кривой:

$$K = 900,60 + 521,40 = 1422 \text{ (м)}.$$

Поскольку начало кривой $R = 23000$ м совпадает с началом трассы, то согласно ранее выполненным расчетам $H_{рук} = 1,6$ м. Следовательно, проектная отметка $ПК0$ равна: $196,50 + 1,6 = 198,10$. Далее определяем превышение вершины над левой точкой с уклоном $i_1 = 38 \text{ ‰}$ (над точкой $ПК0$). Искомое превышение определяем по формуле (3.13). С учетом правила знаков имеем (м):

$$h_1 = -\frac{+0,038^2(-23700)}{2} = +17,11.$$

Проектную отметку вершины кривой определяем как сумму первой проектной отметки ($ПК0$) и превышения h_1 : $198,20 + 17,11 = 215,31$.

Превышение вершины над точкой с уклоном $i_2 = 22 \text{ ‰}$, расположенной справа от вершины вертикальной кривой $R = 237000$ м, находим по формуле (3.12) (м):

$$h_2 = +\frac{(-0,022)^2(-23700)}{2} = -5,73.$$

Проектная отметка конечной точки кривой равна: $215,31 - 5,73 = 209,57$.

Заключение

Вариант проектной линии, представленный на рис. 3.8, отвечает требованиям строительных норм по основным показателям: радиус вогнутой вертикальной кривой больше минимально допускаемого ($R_{дон} = 3000$ м). Продольные уклоны в прямом и обратном направлениях не превышают 22 ‰ , что позволит обеспечить безопасное движение автомобилей без снижения расчетной скорости. Поэтому данный вариант положения проектной линии принимаем для дальнейшего проектирования продольного профиля как наиболее эффективный для эксплуатации дороги.

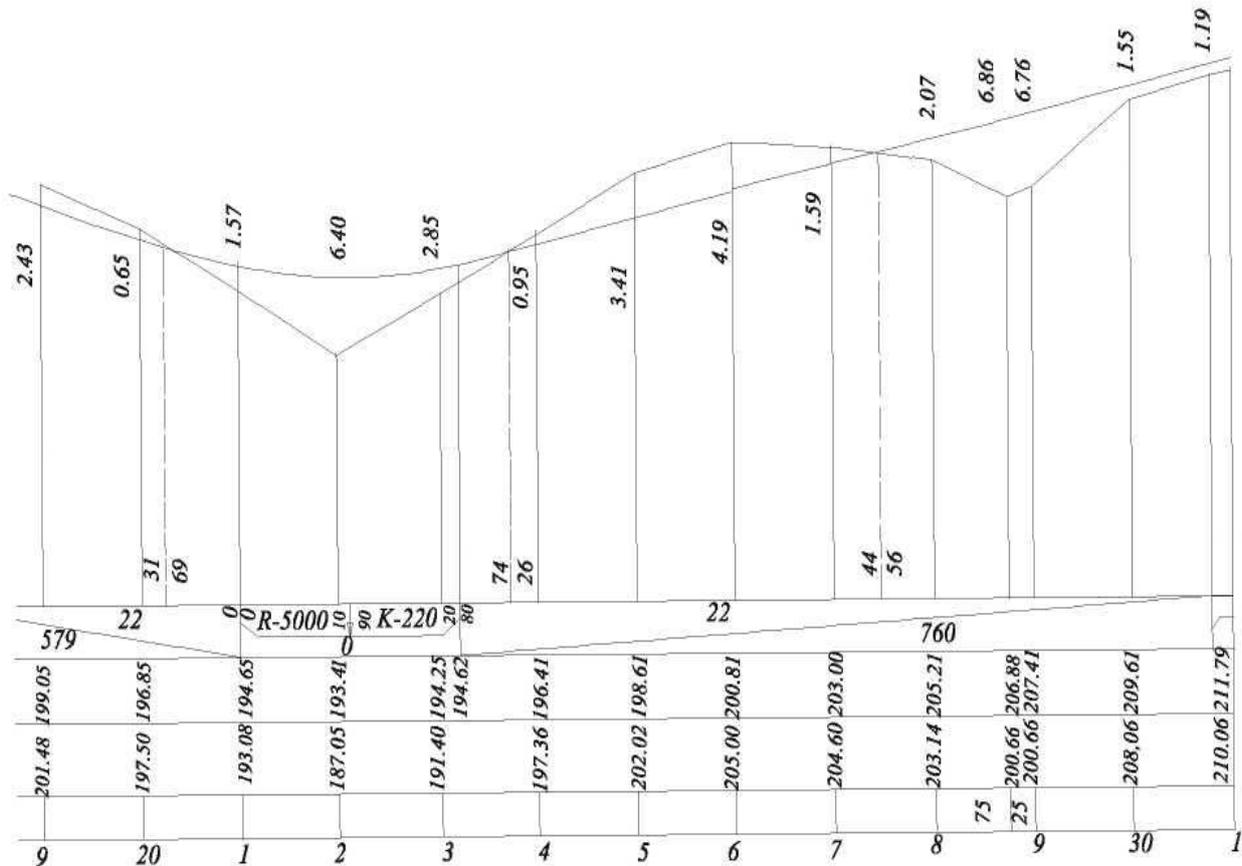


Рис. 3.8. Фрагмент продольного профиля, запроектированного с устройством выемки

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

4.1. Элементы земляного полотна

К земляному полотну относится вся часть полосы отвода, затронутая земляными работами. Земляное полотно включает следующие элементы:

- насыпь или выемку (в зависимости от положения проектной линии);
- резервы притрассовые (в настоящее время не проектируются);
- боковые канавы (насыпь) или кюветы (выемка);
- банкеты и кавальеры, расположенные на крутом склоне.

Однако в практике проектирования и строительства дорог условно принято называть земляным полотном только насыпь и выемку.

Элементы земляного полотна в насыпи и выемке показаны на рис. 4.1.

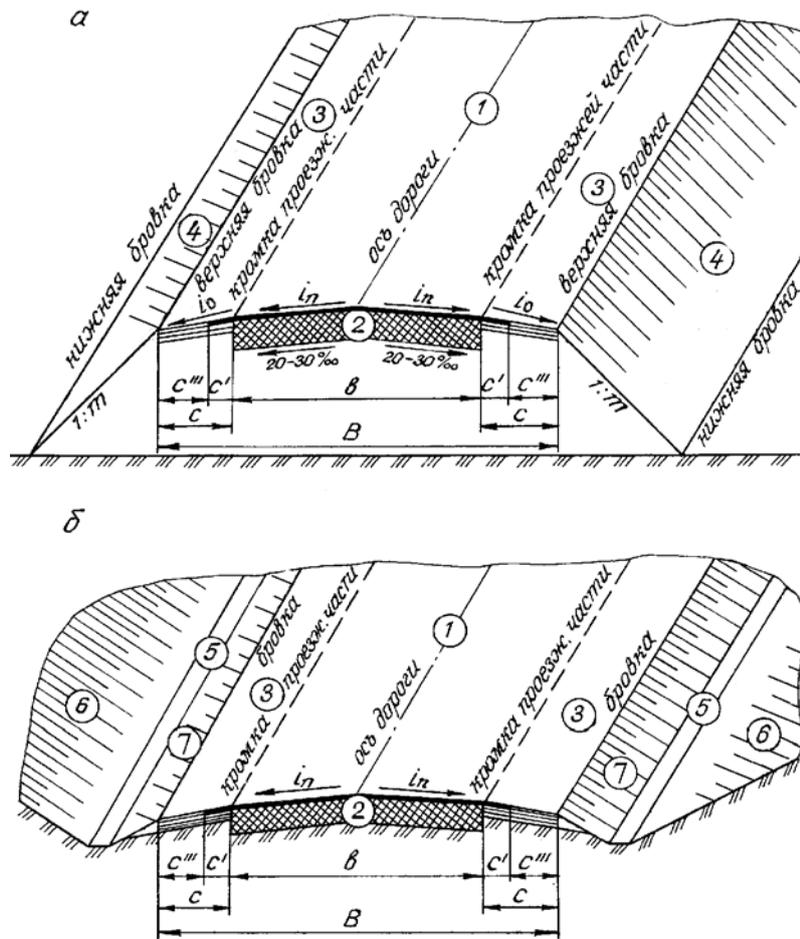


Рис. 4.1. Элементы земляного полотна:

a – в насыпи; *б* – в выемке; 1 – проезжая часть; 2 – дорожная одежда; 3 – обочина; 4 – откос насыпи; 5 – дно канавы в выемке; 6 – внешний откос выемки; 7 – внутренний откос выемки; *B* – ширина земляного полотна; *l_n* – ширина проезжей части; *c* – ширина обочины; *c'* – ширина укрепленной полосы на обочинах; *c'''* – ширина полос прочих видов укрепления на обочинах

Верхняя часть земляного полотна называется рабочим слоем; распространяется от низа дорожной одежды на $\frac{2}{3}$ глубины промерзания, но не менее 1,5 м от поверхности покрытия проезжей части.

Основание насыпи – массив грунта в условиях естественного залегания, располагающийся ниже насыпного слоя, а при низких насыпях – и ниже границы рабочего слоя.

Основание выемки – массив грунта ниже границы рабочего слоя.

Боковые стороны тела насыпи – откосы, представляющие собой правильно спланированные плоскости.

В выемках и боковых канавах различают внутренний и внешний откосы. Внутренние откосы неглубоких выемок и канав устраивают по возможности пологими – для съезда автомобилей в аварийных случаях.

Линия сопряжения поверхностей обочин и откосов насыпи – бровка земляного полотна, а расстояние между бровками (B) условно называют *шириной земляного полотна*.

В выемке бровкой является линия сопряжения поверхностей обочины и внутреннего откоса кювета (рис. 4.1, б).

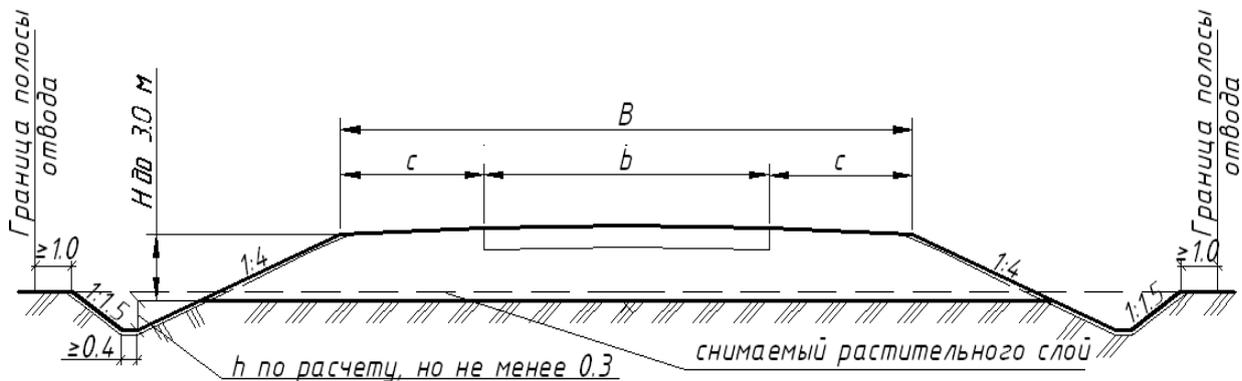
Обочины используются для временной стоянки автомобилей и для размещения дорожно-строительных материалов во время ремонта. На обочинах вдоль проезжей части укладывают укрепительные полосы – *краевые полосы*. Наличие укрепленных краевых полос повышает прочность дорожной одежды и обеспечивает безопасность при случайном съезде колеса автомобиля на обочину.

Грунты для сооружения земляного полотна следует применять с учетом их свойств и состояния.

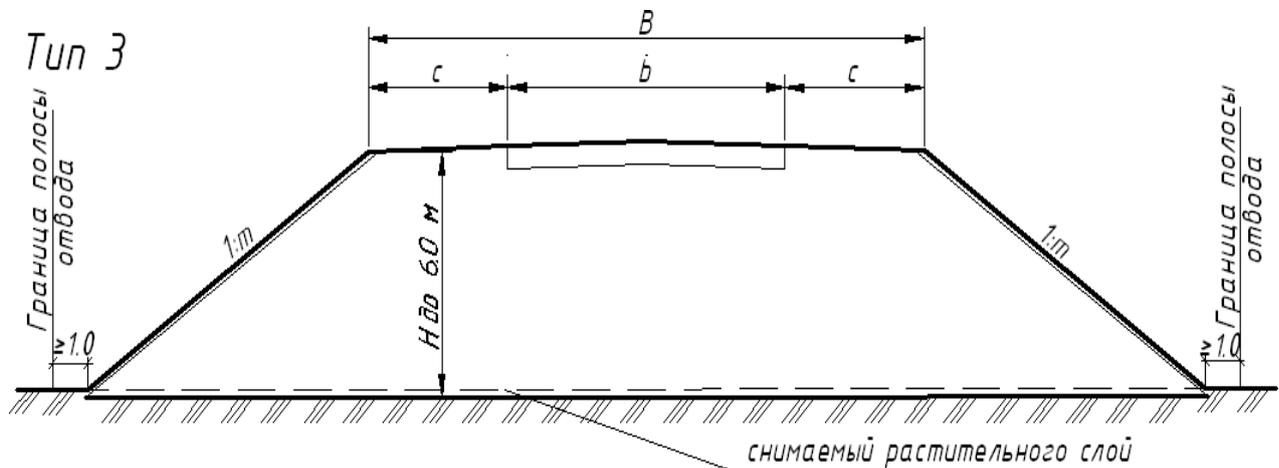
4.2. Земляное полотно в насыпях и выемках

Тип поперечного профиля в насыпях и выемках [4] зависит от величины рабочей отметки, типа грунта, рельефа, условий снегонезаносимости (выемки), грунтово-гидрогеологических условий (рис. 4.2).

Тип 2



Тип 3



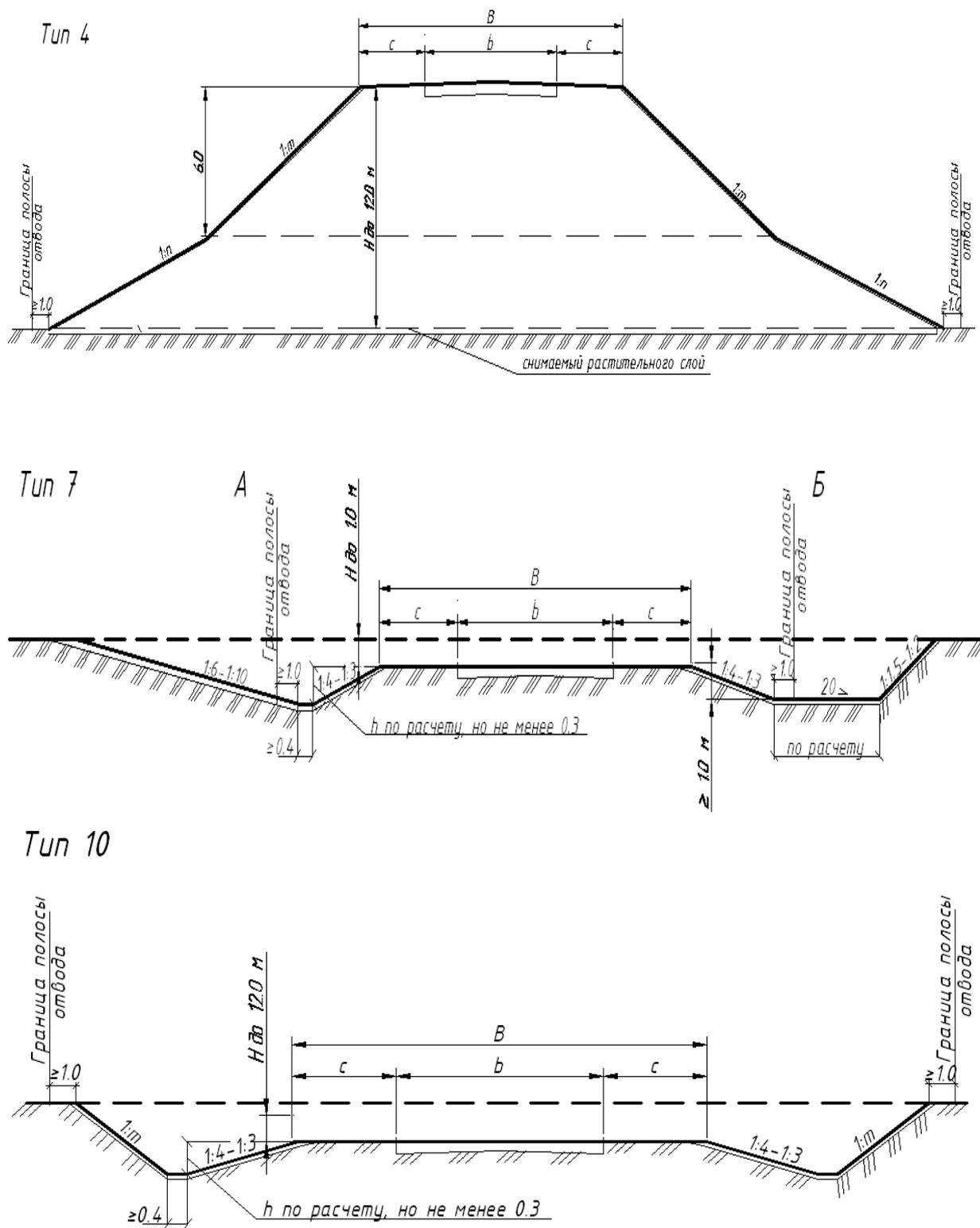


Рис. 4.2. Наиболее распространенные типовые поперечные профили

При высоте насыпи ($H_{\text{нас}}$) до 2-х метров (дороги IV, V категорий) и 3-х метров (дороги I, II, III категорий) назначают 2-й тип поперечного профиля [4] с крутизной (заложением) откоса: дороги IV, V категорий – 1:3; I, II, III категорий – 1:4.

Крутизна откосов характеризуется коэффициентом заложения m :

$$m = \frac{H}{l}, \quad (4.1)$$

где H – высота откоса, м;

l – горизонтальная проекция откоса (заложение), м.

При $H_{нас}$ от 3 до 6 м третий тип с заложением откосов – 1:1,5 (непылеватые грунты) и 1:1,75 – пылеватые и песчаные грунты [4].

При $H_{нас}$ от 6 до 12 м четвертый тип с заложением откосов в верхней части насыпи (от 6 до 12) 1:1,5 (непылеватые грунты) и 1:1,75 – пылеватые и песчаные грунты, в нижней части насыпи (от 0 до 6) 1:1,75 – непывеватые грунты и 1:2 – пылеватые и песчаные грунты.

При глубине выемки до 1 м в нестесненных условиях на неценных землях для предотвращения снегозаносимости дороги принимают тип поперечного профиля 7А (раскрытая выемка) с крутизной внешних откосов от 1:6 до 1:10. В стесненных условиях и на ценных землях – 7Б.

При глубине выемки до 12 м принимается 10-й тип поперечного профиля с заложением внешнего откоса 1:1,5 в непывеватых грунтах и 1:2 в пылеватых и песчаных грунтах.

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

5.1. Конструирование нежестких дорожных одежд

Дорожные одежды нежесткого типа устраиваются, как правило, из нескольких конструктивных слоев (рис. 5.1).

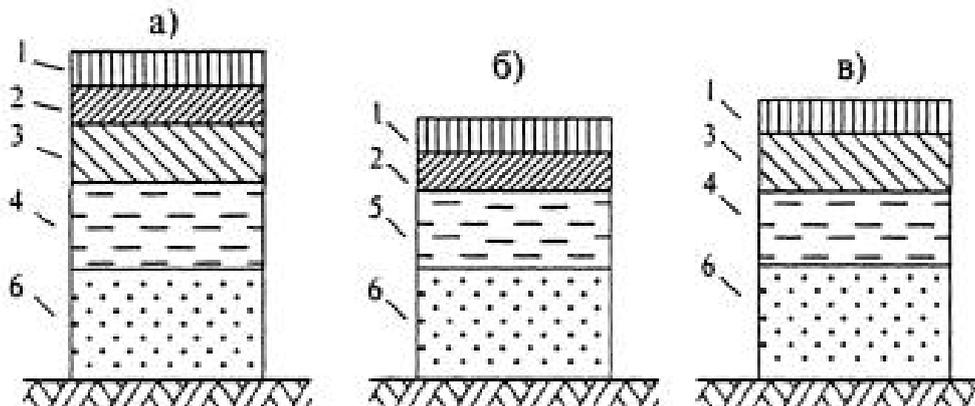


Рис. 5.1. Конструкции дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием:
 а – двухслойное асфальтобетонное покрытие на двухслойном основании;
 б – двухслойное асфальтобетонное покрытие на однослойном основании;
 в – однослойное асфальтобетонное покрытие на двухслойном основании;
 1 – верхний слой покрытия; 2 – нижний слой покрытия; 3 – верхний слой основания; 4 – нижний слой основания; 5 – слой основания;
 6 – дополнительный слой основания

Покрытие (однослойное и двухслойное) с устройством (в необходимых случаях) поверхностной обработки различного назначения, воспринимает усилия от колес транспортных средств и подвергается непосредственному воздействию погодно-климатических факторов. Должно обеспечивать транспортно-эксплуатационные качества проезжей части: прочность, ровность, шероховатость, трещиностойкость; хорошо сопротивляться износу.

Основание (однослойное и двухслойное) – несущая прочная часть одежды. Совместно с покрытием основание обеспечивает перераспределение напряжений и снижение их величины в нижних дополнительных слоях одежды и в грунте рабочего слоя земляного полотна. Основание обеспечивает морозостойчивость и осушение конструкции.

Дополнительный слой основания укладывается на подстилающий грунт. В зависимости от выполняемой функции дополнительный слой называют морозозащитным, теплоизоляционным, дренирующим, противозаиливающим, выравнивающим и др.

Рабочий слой земляного полотна (подстилающий грунт) – верхняя часть полотна в пределах от низа дорожной одежды до 2/3 глубины промерзания, но не менее 1,5 м от поверхности покрытия.

Последовательность конструирования дорожной одежды:

1. Назначение типа дорожной одежды.
2. Назначение вида покрытия.
3. Выбор материалов для устройства слоев дорожной одежды и их размещение в конструкции (модуль упругости смежных слоев не должен отличаться более чем в 2,5–3,5 раза, между грунтом и нижним слоем основания – в 4 раза).
4. Назначение числа конструктивных слоев и их ориентировочных толщин.
5. Назначение мер по повышению трещиностойкости и сдвигустойчивости слоев на основе предварительной оценки их необходимости и целесообразности.
6. Отбор конкурентоспособных вариантов.

5.2. Расчет количества приложений расчетной нагрузки на поверхность конструкции

Величина приведенной интенсивности движения [5] на последний год срока службы одежды (авт./сут.) определяется по формуле:

$$N_p = f_{пол} \cdot \sum_{m=1}^n N_m \cdot S_{м.сум}^2, \quad (5.2)$$

где $f_{пол}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним, $f_{пол} = 0,55$;

n – общее число транспортных средств в составе транспортного потока;

$\sum_{m=1}^n N_m$ – суммарное число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств m -й марки (принимаемая в зависимости от категории дороги интенсивность движения в транспортных единицах);

$\sum_{m=1}^n S_{m.сум}^2$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m -й марки к расчетной нагрузке допускается приближенно принимать по табл. 5.1.

Таблица 5.1

Значения суммарного коэффициента приведения к расчетной нагрузке в зависимости от типа автомобилей

Типы автомобилей	Распределение потока по типам, %	$S_{m.сум}^2$
Легковые и легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от 1 до 2 т	40	0,005
Средние грузовые автомобили грузоподъемностью от 2-х до 5 т	15	0,2
Тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью от 5 до 8 т	10	0,7
Очень тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью более 8 т	15	1,25
Автобусы	5	0,7
Тягачи с прицепами, автопоезда	15	1,5

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы одежды определяется по формуле:

$$\sum N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{cl}-1)}} T_{pдз} K_n, \quad (5.1)$$

где K_c – коэффициент суммирования, $K_c = 36$;

q – показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам, $q = 1,06$;

T_{cl} – срок службы конструкции, $T_{cl} = 20$ лет;

$T_{pдз}$ – расчетное число дней в году за срок службы конструкции, $T_{pдз} = 140$;

K_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого, $K_n = 1,49$.

5.3. Пример расчета количества приложений расчетной нагрузки на поверхность конструкции

1. Величина приведенной интенсивности движения на последний год срока службы одежды:

$$N_p = 0,55 (10000 \cdot 0,4 \cdot 0,005 + 10000 \cdot 0,15 \cdot 0,2 + 10000 \cdot 0,1 \cdot 0,7 + 10000 \cdot 0,15 \cdot 1,25 + 10000 \cdot 0,05 \cdot 0,7 + 10000 \cdot 0,15 \cdot 1,5) = 4845 \text{ (авт./сут.)}.$$

2. Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы одежды:

$$\sum N_p = 0,7 \cdot 4845 \frac{36,0}{1,06^{(20-1)}} 140 \cdot 1,49 = 8417772,54 ; \text{ принимаем } 8417773.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков В.Ф. Проектирование автомобильных дорог: учебник [для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомоб. дороги»] / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Техиздат, 2011. – Ч. 1. – 2011.
2. Ганьшин В.Н. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых / В.Н. Ганьшин, Л.С. Хренов. – М., 1981.
3. СНиП 2.05.02 -85* (СП 34.13330). Автомобильные дороги. – М., 2012.
4. Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования: материалы для проектирования. Серия 3.503-71. – М., 1986.
5. ОДН 2.18.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М., 2001.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Типы местности по характеру и степени увлажнения

Типы местности	Признаки в зависимости от дорожно-климатических зон			
	II	III	IV	V
1-й	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщины; почвы слабо-, среднеподзолистые или дерновоподзолистые без признаков заболачивания	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщины; почвы – черноземы тучные или мощные, в южной части зоны – темно-серые лесные и черноземы оподзоленные и выщелоченные	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщины; почвы – черноземы тучные или мощные, а в южной части зоны – южные черноземы, темно-каштановые и каштановые почвы	Грунтовые воды не влияют на увлажнение; почвы в северной части бурые, в южной – светло-бурые и сероземы
2-й	Поверхностный сток не обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщины; почвы средне- и сильноподзолистые и полуболотные с признаками заболачивания	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщины; почвы – черноземы тучные или мощные, в южной части зоны – темно-серые лесные и черноземы оподзоленные и выщелоченные	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщины; почвы – черноземы тучные или мощные, а в южной части зоны – южные черноземы, темно-каштановые и каштановые почвы	Грунтовые воды не влияют на увлажнение; почвы в северной части бурые, в южной – светло-бурые и сероземы
3-й	Грунтовые воды или длительно (более 30 сут.) стоящие поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщины; почвы торфяно-болотные или полуболотные	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщины; почвы – черноземы тучные или мощные, в южной части зоны – темно-серые лесные и черноземы оподзоленные и выщелоченные	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщины; почвы – черноземы тучные или мощные, а в южной части зоны – южные черноземы, темно-каштановые и каштановые почвы	Грунтовые воды не влияют на увлажнение; почвы в северной части бурые, в южной – светло-бурые и сероземы

Примечания:

1. Участки, где залегают песчано-гравийные или песчаные грунты (за исключением мелких пылевых песков) мощностью более 5 м, при расположении уровня грунтовых вод на глубине более 3 м во II, III зонах и более 2 м в IV, V зонах относятся к 1-му типу независимо от наличия поверхностного стока (при отсутствии длительного подтопления).
2. Грунтовые воды не оказывают влияния на увлажнение верхней толщи грунтов в случае, если их уровень в предморозный период залегает ниже глубины промерзания не менее чем: на 2 м при глинах, суглинках тяжелых пылеватых и тяжелых; на 1,5 м в суглинках легких пылеватых и легких, супесях тяжелых пылеватых и пылеватых; на 1 м в супесях легких, легких крупных и песках пылеватых.
3. Поверхностный сток считается обеспеченным при уклонах поверхности грунта в пределах полосы отвода более 2 %.

Предельно допустимые нормы проектирования в плане и продольном профиле

Расчетная скорость, км/ч	Наибольшие продольные уклоны, %	Наименьшее расстояние видимости, м		Наименьшие радиусы кривых, м				
		для остановки	встречного автомобиля	В плане		В продольном профиле		
				Основные	В гор. мест.	выпуклых	вогнутых	
							Основные	В гор. мест.
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

Примечание. Наименьшее расстояние видимости для остановки должно обеспечивать любые предметы, имеющие высоту 0,2 м и более, находящиеся на середине полосы движения, с высоты глаз водителя (1,2 м от поверхности проезжей части).

