

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»

Э.Р. Домке, К.С. Подшивалова

# **ПУТИ СООБЩЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ: КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

## **Книга 1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

*Допущено УМО вузов РФ по образованию в области  
транспортных машин и транспортно-технологических комплексов  
в качестве учебного пособия для студентов вузов,  
обучающихся по направлению подготовки бакалавров  
«Технология транспортных процессов»  
(профили подготовки «Организация и безопасность движения»,  
«Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий»)*

Пенза 2013

УДК 625.7  
ББК 39.311  
Д66

Рецензенты: зав. кафедрой «Организация перевозок и безопасность движения» Воронежской государственной лесотехнической академии, доктор технических наук, профессор В.П. Белокуров; доктор технических наук, профессор кафедры «Геотехника и дорожное строительство» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства А.П. Бажанов

**Домке Э.Р.**  
Д66 Пути сообщения, технологические сооружения: Курсовое проектирование. Кн. 1. Проектирование путей сообщения: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / Э.Р. Домке, К.С. Подшивалова. – Пенза: ПГУАС, 2013 – 170 с.  
**ISBN 978-5-9282-0887-5**

Изложены методика и основы проектирования путей сообщения: составление технического задания на проектирование; проектирование автомобильных дорог в плане и продольном профиле; проектирование малых водопропускных сооружений, земляного полотна, дорожной одежды, системы дорожного водоотвода.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Организация и безопасность движения» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства. и предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Технология транспортных процессов». Может быть использовано студентами колледжей, а также техническими работниками в области организации дорожного движения и обеспечения его безопасности.

**ISBN 978-5-9282-0887-5**

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2013  
© Домке Э.Р., Подшивалова К.С., 2013

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Пособие рассчитано на студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Технология транспортных процессов», основное направление будущей профессиональной деятельности которых – организация и обеспечение безопасности транспортного процесса, включающего непосредственно транспорт и автомобильные дороги с их обустройством.

Основная задача учебной дисциплины «Пути сообщения, технологические сооружения» и выполняемых по этой дисциплине курсовых проектов (работ) – дать выпускникам необходимые для их профессиональной деятельности знания в области основ проектирования путей сообщения (автомобильных дорог) и технологических сооружений, способов и методов организации содержания, ремонта, диагностики, строительства, инженерного обустройства дорог. Данное пособие призвано решить лишь первую часть поставленной задачи – дать выпускникам необходимые для них знания в области проектирования автомобильных дорог и относящихся к ним технологических сооружений. Для получения более глубоких знаний в этой области студент может обратиться к специальной литературе, указанной в пособии.

В конце каждого раздела пособия приведен перечень задач, которые должен решить студент в процессе выполнения проекта (работы). Даны примеры проектных решений по ряду вопросов.

Пособие подготовлено кандидатом технических наук, профессором Э.Р. Домке и кандидатом технических наук, доцентом К.С. Подшиваловой на кафедре «Организация и безопасность движения» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства.

# 1. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

## 1.1. Изучение и описание района проложения трассы

Описание района проложения трассы проводят на основе его изучения по топографической карте и исходных данных для проектирования.

В описание входят следующие сведения:

- административная принадлежность района проложения трассы (табл. П1.3 прил. 1);
- номер дорожно-климатической зоны (прил. 4);
- тип местности по характеру поверхностного стока воды и степени увлажнения (прил. 5);
- гидрогеологические условия района проложения трассы: грунт, уровень грунтовых вод (табл. П1.4 прил. 1);
- рельеф местности и микроформы земной поверхности;
- растительный покров и сельскохозяйственные угодья;
- населенные пункты и отдельные строения;
- существующие дороги;
- постоянные и временные водотоки, болота и солончаки, объекты водоснабжения, мосты и переправы.

На топографических картах для характеристики рельефа местности, растительного покрова, водотоков и т.д. используются условные обозначения, приведенные в прил. 3.

По характеру рельефа различают равнинную, холмистую (пересеченную) и горную местности. Равнинной принято считать часть суши, поверхность которой в пределах видимого горизонта представляется ровной. Равнина имеет в большинстве случаев небольшой общий уклон в какую-либо сторону. Холмистой (пересеченной) считают местность, имеющую небольшие округлые возвышенности высотой не более 200 м с пологими склонами. Горная местность имеет возвышенности, поднимающиеся над окружающей местностью на 200 м и более и имеющие явно выраженные склоны.

По дорожно-климатическим условиям территория Российской Федерации разбита на четыре зоны (прил. 4). Каждая зона характеризуется своим водно-тепловым режимом, глубиной промерзания грунтов и количеством атмосферных осадков. Дорожно-климатическое районирование дает лишь общую климатическую характеристику района строительства дороги. В пределах каждой зоны на отдельных участках трассы имеются особенности, зависящие от гидрогеологических и грунтовых условий. В зависимости от относительной мощности того или иного источника увлажнения грунта каждый участок трассы характеризуется определенными водным режимом и степенью увлажнения грунта. По характеру и степени увлажнения участки трассы разделяют на три типа местности (прил. 5).

## 1.2. Установление категории проектируемой дороги

Основными нормативными документами на проектирование автомобильных дорог и сооружений на них в настоящее время являются: ГОСТ Р 52398–2005; ГОСТ 12.001–93 СПДС; ГОСТ 21.101–97 СПДС; СНиП 2.05.02–85\*; СНиП 2.05.03–84.

Автомобильные дороги по транспортно-эксплуатационным качествам и потребительским свойствам, согласно ГОСТ Р 52398 – 2005, разделяются на пять категорий в зависимости от:

- количества и ширины полос движения;
- наличия центральной разделительной полосы;
- типа пересечений с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями и пешеходными дорожками;
- условий доступа на автомобильную дорогу с примыканий в одном уровне.

Техническая классификация автомобильных дорог общего пользования приведена в табл. 1.1.

Категорию проектируемой дороги устанавливают с учетом социально-экономического значения дороги и расчетной интенсивности движения (табл. 1.2).

Среднегодовая суточная интенсивность всех транспортных средств (ТС) складывается из интенсивности движения грузовых и пассажирских ТС.

Среднесуточная интенсивность движения грузовых ТС  $n_{гр}$ , авт./сут:

$$n_{гр} = \frac{Q_{гр} K_n K_c}{T q K_{пр} K_{гр}}, \quad (1.1)$$

где  $Q_{год}$  – годово́й грузооборот по дороге, т;

$K_n, K_c$  – соответственно коэффициенты, учитывающие необъемные перевозки, дальний транзит и специальные машины;  $K_n = 1,2$ ;  $K_c = 1,15$ ;

$T$  – расчетное число дней работы автотранспорта в году;  $T = 365$  сут;

$K_{пр}, K_{гр}$  – соответственно коэффициенты использования пробега и грузоподъемности ТС;  $K_{пр} = 0,62$ ;  $K_{гр} = 0,85 \dots 0,95$ ;

$q$  – средневзвешенная грузоподъемность ТС,

$$q = 0,01 \sum q_i d_i; \quad (1.2)$$

здесь  $q_i$  – грузоподъемность ТС  $i$ -го типа, т;

$d_i$  – доля ТС  $i$ -го типа в составе движения, %.

Таблица 1.1

## Техническая классификация автомобильных дорог общего пользования

Класс автомобильной дороги	Категория автомобильной дороги	Общее количество полос движения	Ширина полосы движения, м	Центральная разделительная полоса	Пересечения с автомобильными дорогами, велосипедными и пешеходными дорожками	Пересечения с железными дорогами и трамвайными путями	Доступ на дорогу с примыканиями в одном уровне
Автомостраль	IA	4 и более	3,75	Обязательна	В разных уровнях	В разных уровнях	Не допускается
	IB	4 и более	3,75				Допускается без пересячения прямого направления
Автомобильная дорога обычного типа (нескостная дорога)	IV	4 и более <sup>1</sup>	3,75	Обязательна	Допускаются пересечения в одном уровне со светофорным регулированием	В разных уровнях	Допускается
		4	3,5				
	III	2 или 3 <sup>3</sup>	3,75	Не требуется	Допускаются пересечения в одном уровне <sup>4</sup>	В разных уровнях	Допускается
		2	3,5				
	IV	2	3,0	Не требуется	Допускаются пересечения в одном уровне <sup>4</sup>	В разных уровнях	Допускается
V	1	4,5 и более					

Примечания: 1. Более шести полос допускается только на существующих автомобильных дорогах; 2. На дороге категории II требование к наличию разделительной полосы определяется проектом организации дорожного движения; 3. Три полосы движения только для существующих автомобильных дорог; 4. Пересечение 4-полосной дороги категории II с аналогичной осуществляется в разных уровнях, другие варианты пересечения дорог категорий II и III могут осуществляться как в разных уровнях, так и в одном (при условии светофорного регулирования, «отнесенных» левых поворотов или пересечения кольцевого типа).

Таблица 1.2

## Классификационные признаки и категории автомобильных дорог

Экономическое значение автомобильной дороги	Класс автомобильной дороги	Категория автомобильной дороги	Расчетная интенсивность движения	
			транспортная, ед./сут	приведенная, ед./сут
Связь столицы Российской Федерации с административными центрами страны, международные маршруты, подъезды к аэропортам, морским и речным портам, связь между крупными и крупнейшими городами, пригородные участки этих дорог	Автомагистраль	IA	более 10000	более 16000
	Скоростная дорога	IB	более 9000	14000
	Автомобильная дорога обычного типа	IV	более 8000	12000
		II (4 полосы)	более 6000	10000
		II (2 полосы) III	более 4000 менее 4000	7000 менее 7000
Связь между областными центрами	Скоростная дорога	IB	более 8000	12000
	Автомобильная дорога обычного типа	IV	более 7000	11000
		II (4 полосы)	более 5000	10000
		II (2 полосы) III	более 4000 менее 4000	7000 менее 7000
	Связь между районными центрами, автомобильные дороги местного значения	Автомобильная дорога обычного типа	III	более 1500
		IV	более 200	более 300
		V	менее 200	менее 300

Среднесуточная интенсивность движения легковых автомобилей, автобусов и специальных автомобилей на их основе  $n_{\text{пас}}$ , авт./сут:

$$n_{\text{пас}} = \frac{V_{\text{год}} K_n K_c}{Tb}, \quad (1.3)$$

где  $V_{\text{год}}$  – годовое пассажирооборот, чел;

$K_n, K_c$  – соответственно коэффициенты, учитывающие дальний транзит и специальные машины;  $K_n = 1,2$ ;  $K_c = 1,05$ ;

$T$  – расчетное число дней работы транспорта в году;  $T = 365$  дн.;

$b$  – среднее количество пассажиров, перевозимое одним ТС, чел.,

$$b = 0,01 \sum b_i d_i K_{\text{пр}i} K_{\text{вм}i}, \quad (1.4)$$

здесь  $b_i$  – средняя вместимость пассажирских ТС  $i$ -го типа, чел.;

$d_i$  – доля  $i$ -го пассажирского ТС в составе движения, %;

$K_{\text{пр}i}$  – коэффициент использования пробега  $i$ -го пассажирского ТС (табл. 1.3);

$K_{\text{вм}i}$  – коэффициент использования вместимости  $i$ -го пассажирского ТС (табл. 1.3).

Т а б л и ц а 1.3

Значения коэффициентов использования пробега и вместимости для легковых автомобилей и автобусов

Типы транспортных средств	Коэффициент использования пробега $k_{\text{пр}i}$	Коэффициент использования вместимости $k_{\text{вм}i}$
Легковые автомобили	0,95	0,5
Микроавтобусы	0,95	0,5
Автобусы малого класса	0,95	0,6
Автобусы среднего класса	0,95	0,65
Автобусы большого класса	0,95	0,7

Среднегодовая суточная интенсивность движения всех ТС в фактических единицах  $N$ , авт./сут:

$$N = n_{\text{гр}} + n_{\text{пас}}. \quad (1.5)$$

Среднесуточная интенсивность движения ТС  $i$ -го типа:

$$n_i = 0,01 d_i n_{\text{гр}}; \quad (1.6)$$

$$n_i = 0,01 d_i n_{\text{пас}}, \quad (1.7)$$

где  $d_i$  – доля  $i$ -го ТС в составе движения;

$n_{\text{гр}}, n_{\text{пас}}$  – среднесуточная интенсивность движения всех типов соответственно грузовых и пассажирских ТС.



Среднегодовая суточная интенсивность движения ТС, приведенных к легковому автомобилю,  $N_{\text{прив}}$ , авт./сут:

$$N_{\text{прив}} = \sum n_i K_i, \quad (1.8)$$

где  $n_i$  – среднесуточная интенсивность движения ТС (грузовых и пассажирских)  $i$ -го типа;

$K_i$  – коэффициент приведения ТС  $i$ -го типа к легковому автомобилю (табл. 1.4).

Т а б л и ц а 1 . 4

Коэффициенты приведения транспортных средств  
к легковому автомобилю

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения к легковому автомобилю $K_i$
Легковые автомобили	1
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:	
2	1,5
6	2
8	2,5
14	3
свыше 14	3,5
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
12	3,5
20	4
30	5
свыше 30	6
Автобусы:	
микроавтобусы	1,5
малого класса	2
среднего класса	2,5
большого класса	3
сочлененные	4

П р и м е ч а н и я :

1. Для промежуточных значений грузоподъемности коэффициенты приведения определяют интерполяцией.

2. Коэффициенты приведения для автобусов и спецмашин следует принимать как для базовых автомобилей соответствующей грузоподъемности.

3. При пересеченной и горной местностях коэффициенты приведения для грузовых автомобилей и автопоездов увеличиваются в 1,2.

Результаты расчетов заносятся (для наглядности) в сводную ведомость (см. пример 1.1).

По величинам  $N$  и  $N_{\text{прив}}$  устанавливают, используя табл.1.2, категорию и класс дороги.

### Пример 1.1

Установить категорию проектируемой автомобильной дороги при следующих исходных данных:

– годовой грузооборот по дороге  $Q_{\text{год}} = 689$  тыс.т;

– состав движения грузовых автомобилей и автопоездов:

Средняя грузоподъемность $q_i$ , т	1,3	4,0	7,0	10,0	12,0	16,0	20,0	27,5
Доля ТС в составе движения $d_i$ , %	38	22	15	8	6	4	4	3

– годовой пассажирооборот по дороге  $V_{\text{год}} = 5,17$  млн чел.;

– состав движения легковых автомобилей, автобусов и спецмашин на их базе:

Типы транспортных средств	Средняя вместимость $b_i$ , чел.	Доля ТС в составе движения $d_i$ , %
Легковые автомобили	5	52
Микроавтобусы	12	14
Автобусы малого класса	25	14
Автобусы среднего класса	35	12
Автобусы большого класса	45	8

### Решение

1. Среднесуточная интенсивность движения грузовых автомобилей  $n_{\text{гр}}$ , авт./сут:

$$n_{\text{гр}} = \frac{Q_{\text{год}} K_{\text{н}} K_{\text{с}}}{T q K_{\text{пр}} K_{\text{гр}}},$$

где  $Q_{\text{год}}$  – годовой грузооборот,  $Q_{\text{год}} = 689000$  т;

$K_{\text{н}}, K_{\text{с}}$  – соответственно коэффициенты, учитывающие необъемные перевозки, дальний транзит и специальные машины,  $K_{\text{н}} = 1,2$ ;  $K_{\text{с}} = 1,15$ ;

$T$  – расчетное число дней работы автотранспорта в году,  $T = 365$  сут;

$K_{\text{пр}}, K_{\text{гр}}$  – соответственно коэффициенты использования пробега и грузоподъемности ТС,  $K_{\text{пр}} = 0,62$ ;  $K_{\text{гр}} = 0,90$ ;

$q$  – средневзвешенная грузоподъемность ТС, т,

$$q = 0,01 \sum q_i d_i;$$

здесь  $q_i$  – грузоподъемность ТС  $i$ -го типа, т;

$d_i$  – доля ТС  $i$ -го типа в составе движения, %;

$$q = 0,01(1,3 \cdot 38 + 4,0 \cdot 22 + 7,0 \cdot 15 + 10,0 \cdot 8 + 12,0 \cdot 6 + 16,0 \cdot 4 + 20,0 \cdot 4 + 27,5 \cdot 3) = 6,2 \text{ т};$$

$$n_{\text{гр}} = \frac{689000 \cdot 1,2 \cdot 1,15}{365 \cdot 6,2 \cdot 0,62 \cdot 0,90} = 753 \text{ авт./сут.}$$

2. Среднесуточная интенсивность движения легковых автомобилей, автобусов и специальных автомобилей на их основе  $n_{\text{пас}}$ , авт./сут:

$$n_{\text{пас}} = \frac{V_{\text{год}} K_{\text{н}} K_{\text{с}}}{Tb},$$

где  $V_{\text{год}}$  – годового пассажирооборот, чел.,  $V_{\text{год}} = 5,17 \cdot 10^6$ ;

$K_{\text{н}}, K_{\text{с}}$  – соответственно коэффициенты, учитывающие дальний транзит и специальные машины,  $K_{\text{н}} = 1,2$ ;  $K_{\text{с}} = 1,05$ ;

$T$  – расчетное число дней работы транспорта в году;  $T = 365$  дн.;

$b$  – среднее количество пассажиров, перевозимое одним ТС, чел.,

$$b = 0,01 \sum b_i d_i K_{\text{пр}i} K_{\text{вм}i};$$

здесь  $b_i$  – средняя вместимость пассажирских ТС  $i$ -го типа, чел.;

$d_i$  – доля  $i$ -го пассажирского ТС в составе движения, %;

$K_{\text{пр}i}$  – коэффициент использования пробега  $i$ -го пассажирского ТС (см. табл. 1.3);

$K_{\text{вм}i}$  – коэффициент использования вместимости  $i$ -го пассажирского ТС (см. табл. 1.3).

$$b = 0,01(5 \cdot 52 \cdot 0,95 \cdot 0,50 + 12 \cdot 14 \cdot 0,95 \cdot 0,50 + 25 \cdot 14 \cdot 0,95 \cdot 0,60 + 35 \cdot 12 \cdot 0,95 \cdot 0,65 + 45 \cdot 8 \cdot 0,95 \cdot 0,70) = 10 \text{ чел.}$$

$$n_{\text{пас}} = \frac{5,17 \cdot 10^6 \cdot 1,2 \cdot 1,05}{365 \cdot 10} = 1785 \text{ авт./сут.}$$

3. Среднесуточную интенсивность движения отдельных типов ТС определяем по зависимостям:

$$\text{грузовых} \quad n_i = 0,01 d_i n_{\text{гр}};$$

$$\text{пассажирских} \quad n_i = 0,01 d_i n_{\text{пас}},$$

4. Среднесуточная интенсивность движения всех ТС: в фактических единицах

$$N = \sum n_i,$$

приведенная к легковому автомобилю

$$N_{\text{пр}} = \sum n_i K_i,$$

где  $K_i$  – коэффициент приведения ТС  $i$ -го типа к легковому автомобилю (см. табл. 1.4).

Сводная ведомость интенсивности движения ТС  
заданного состава движения

Типы транспортных средств	Интенсивность движения в фактических единицах $n_i$ , авт./сут	Коэффициент приведения к легковому автомобилю $K_i$	Интенсивность движения, приведенная к легковому автомобилю $K_i n_i$ , авт./сут
Грузовые автомобили грузоподъемностью:			
до 2 т (1,3 т)	286	1,5	429
2–5 т (4,0 т)	166	1,7	282
5–8 т (7,0 т)	113	2,4	271
более 8 т (10 т)	60	2,6	156
Автопоезда грузоподъемностью:			
12 т	45	3,5	158
16 т	30	3,7	111
20 т	30	4,0	120
более 20 т (27,5 т)	23	4,8	110
Легковые автомобили	928	1,0	928
Микроавтобус	250	1,5	375
Автобусы малого класса	250	2,0	500
Автобусы среднего класса	214	2,5	535
Автобусы большого класса	143	3,0	429
Итого	$N = 2538$		$N_{пр} = 4404$

Среднесуточная интенсивность движения всех ТС составляет: в фактических единицах  $N = 2538$  авт./сут; в приведенных к легковому автомобилю единицах  $N_{пр} = 4404$  авт./сут. В соответствии с табл. 1.2 такая интенсивность движения ТС соответствует автомобильной дороге обычного типа III технической категории.

### 1.3. Назначение норм проектирования дороги

Для проектирования элементов плана, продольного и поперечных профилей, а также других элементов дороги необходимо знать расчетную скорость автотранспорта.

Расчетной считается наибольшая возможная скорость движения одиночного автомобиля по условиям обеспечения его устойчивости и безопасности при нормальных погодных условиях и соответствующем сцеплении шин автомобиля с поверхностью проезжей части. Расчетная скорость регламентируется СНиП 2.05–85\* (табл. 1.5) в зависимости от категории и типа дороги (основная расчетная скорость), а также от сложности участков дороги (допускаемая расчетная скорость).

Т а б л и ц а 1 . 5

Расчетные и допускаемые скорости движения автотранспорта

Категория дороги	Расчетные скорости, км/ч		
	Основные	Допускаемые на трудных участках	
		пересеченной местности	горной местности
IA, IB	140	120	80
IB	120	100	60
II (4 полосы)	120	100	60
II (2 полосы)	100	80	50
III	100	80	50
IV	80	60	40
V	60	40	30

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

1. Продольные уклоны – не более 30 %.
2. Расстояние видимости для остановки автомобиля – не менее 450 м.
3. Радиусы кривых в плане – не менее 3000 м.
4. Радиусы кривых в продольном профиле:
  - выпуклых – не менее 70000 м;
  - вогнутых – не менее 8000 м.
5. Длины кривых в продольном профиле:
  - выпуклых – не менее 300 м;
  - вогнутых – не менее 100 м.

Во всех случаях, где по местным условиям возможно попадание на дорогу с придорожной полосы людей и животных, следует обеспечивать боковую видимость прилегающей к дороге полосы на расстоянии 25 м от кромки проезжей части для дорог I, II, III категорий и 15 м для дорог IV и V категорий.

Если по условиям местности не представляется возможным выполнить вышеизложенные 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 подлежат принимать по табл. 1.6 исходя из расчетных скоростей движения.

Таблица 1.6

Допустимые нормы проектирования плана и продольного профиля  
автомобильных дорог

Расчетная скорость движения, км/ч	Наибольший продольный уклон, ‰	Наименьшие 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 местности
140	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

Примечания: 1. Наименьшее расстояние видимости для остановки должно обеспечить видимость любых предметов, имеющих высоту 0,2 м и более, находящихся на середине полосы движения, с уровня расположения глаз водителя автомобиля, составляющего 1,2 м от поверхности проезжей части.

2. В случаях необходимости резкого изменения направлений дорог II–V категорий в горных условиях допускается устройство серпантин.

3. В особо трудных условиях горной местности (за исключением мест с абсолютными отметками более 3000 м над уровнем моря) для участков протяженностью до 500 м при соответствующем обосновании допускается увеличение наибольших продольных уклонов, но не более чем на 20 ‰.

4. При проектировании в горной и пересеченной местности проезжей части дорог I категории отдельно для направления на подъем и на спуск продольные уклоны для направлений спусков допускается увеличивать по сравнению с уклонами для движения на подъем, но не более чем на 20 ‰.

5. При проектировании в горной местности участков подходов дорог к тоннелям наибольшая допустимая величина продольного уклона не должна превышать 45‰ на протяжении 250 м от портала тоннеля.

Основные параметры поперечного профиля земляного полотна автомобильных дорог в зависимости от их категории назначаются по табл. 1.7.

К трудным участкам пересеченной местности относится рельеф, прорезанный часто чередующимися глубокими долинами, с разницей отметок долин и водоразделов более 50 м на расстоянии не свыше 0,5 км, с боковыми глубокими балками и оврагами, с неустойчивыми склонами. К трудным участкам горной местности относятся участки перевалов через горные хребты и участки горных ущелий со сложными, сильноизрезанными или

неустойчивыми склонами. При наличии вдоль трассы автомобильных дорог капитальных дорогостоящих сооружений и лесных массивов, а также в случаях пересечения дорогами земель, занятых особо ценными сельскохозяйственными культурами и садами, при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается принимать расчетные скорости для трудных участков пересеченной местности.

Т а б л и ц а 1 . 7

Параметры элементов поперечного профиля проезжей части  
и земляного полотна автомобильных дорог

Параметры элементов дорог	Автома- гистраль	Скорост- ная дорога	Автомобильные дороги обычного типа					
	IA	IB	IV	II		III	IV	V
Общее число полос движения, шт	4 и более	4 и более	4 и более	4	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3,7 5	3,5	3,0	4,5
Ширина обочины, м	3,75	3,75	3,75	3,0	3,0	2,5	2,0	1,75
Ширина краевой полосы у обочины, м	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	1,5	1,0	–
Наименьшая ширина центральной разделительной полосы без дорожных ограждений, м	6,0	6,0	5,0	5,0	–			
Наименьшая ширина центральной разделительной полосы с ограждением по оси дороги, м	2 м + ширина ограждения				–			
Ширина краевой полосы безопасности у разделительной полосы, м	1,0				–			

П р и м е ч а н и я : 1. Ширина полосы безопасности входит в ширину разделительной полосы, а ширина краевой полосы – в обочину.

2. Ширину обочины на особо трудных участках горной местности, участках, проходящих по особо ценным земельным угодьям, а также в местах с переходно-скоростными полосами и дополнительными полосами на подъем допускается уменьшать: до 1,5 м – для дорог IA, IB и II категорий и до 1,0 м – для дорог остальных категорий.

3. Ограждения на обочинах дорог располагают на расстоянии не менее 0,5 м и не более 0,85 м от бровки земляного полотна, в зависимости от жесткости конструкции ограждения.

**При выполнении курсового проекта студент:**

- производит описание района проложения трассы путем изучения топографической карты и анализа задания на проектирование;
- назначает исходные данные для определения категории и класса проектируемой дороги в зависимости от заданного варианта по табл. П1.1, П1.2 прил. 1;
- заносит результаты расчетов в сводную ведомость интенсивности движения транспортных средств заданного состава движения (табл. П2.1 прил. 2) и устанавливает класс и категорию дороги;
- по классу и категории назначает основные параметры проектируемой дороги и составляет сводную таблицу (табл. П 2.2 прил. 2).



## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ В ПЛАНЕ

### 2.1. Трассирование дороги

Продольную ось дороги, проложенную на поверхности земли, называют трассой дороги. Трасса проектируемой дороги задается двумя или несколькими промежуточными пунктами, через которые должна пройти дорога (опорные точки). Первоначально трассирование дороги производят на топографической карте, а затем разрабатывают план трассы. Между заданными опорными пунктами дорогу стремятся трассировать по кратчайшему направлению (по воздушной линии), чтобы ее длина была короче. Однако часто провести дорогу по прямой нельзя из-за различных естественных препятствий; поэтому в общем случае трасса дороги состоит из прямых отрезков, сопряженных кривыми.

В равнинной местности трассу отклоняют от прямой в поисках участков, имеющих удовлетворительные условия водоотвода и благоприятные грунтовые условия, а также когда надо обойти лесные массивы и отдельные рощи в малозалесенных районах, ценные сельскохозяйственные угодья, населенные пункты при максимальном сохранении окружающей среды.

В пересеченной местности трассу прокладывают по прямолинейным водоразделам, долинам рек, на незатопляемых террасах, склонах и косогорах. При трассировании особое внимание обращают на безопасность движения – создание нормальной видимости, обход населенных пунктов, сочетание вертикальных и горизонтальных кривых, ликвидацию коротких прямых вставок между кривыми. Для сокращения объемов земляных работ целесообразно прокладывать трассу как плавную извилистую линию, вписывающуюся в формы рельефа.

В общем случае при трассировании участков следует придерживаться следующих правил: болота пересекать в самом узком и неглубоком месте; овраг обходить с расположением трассы не ближе 70...100 м от его края; пересечения существующих дорог производить на прямых участках пути и по возможности под прямым углом; избегать резкого перехода от кривых большого радиуса к кривым малого радиуса; пересечение рек производить в наиболее узкой части поймы на прямых участках русла в высоких берегах; большие водотоки желательно пересекать по нормальям к направлению течения воды; малые и средние мосты допускается располагать при любых сочетаниях элементов плана и профиля, желательно перпендикулярно водотоку; населенные пункты надо обходить на расстоянии не менее 200 м.

Первоначально проложенная трасса дороги представляет собой ломаную линию (рис. 2.1), состоящую из отрезков длиной  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  и т.д.

Изменение направления трассы называют поворотом, а угол между продолжением первоначального направления трассы и последующим – углом поворота ( $\alpha_1, \alpha_2$ ). Узловые точки ломаной трассы являются вершинами углов поворота ( $ВУ1, ВУ2$ ). Углы поворота бывают правые и левые, правые углы считаются положительными, а левые – отрицательными.

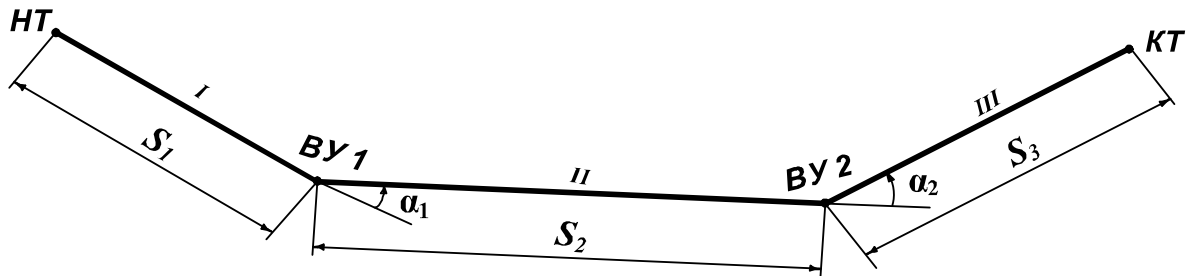


Рис. 2.1. Схема дорожной трассы

Направление прямых отрезков трассы определяется величиной румба, который измеряют горизонтальным углом между северным или южным направлением меридиана и направлением данной линии. Величина румба может колебаться от  $0$  до  $90^\circ$ . Румбы бывают четырех направлений: северо-восточный (СВ), северо-западный (СЗ), юго-восточный (ЮВ) и юго-западный (ЮЗ).

Например, направление участков трассы, приведенной на рис. 2.1, может быть определено следующим образом. Начало трассы (НТ) совмещают с точкой  $O$  (рис. 2.2) и проводят линию, параллельную  $НТ-ВУ1$ .

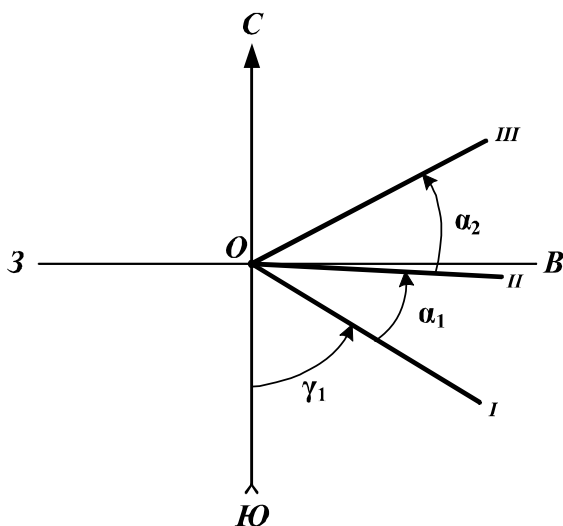


Рис.2.2 Схема определения румбов

Угол  $\gamma_1$ , составленный этим направлением и южным направлением меридиана, и будет румбом данного направления (например, ЮВ  $40^\circ$ ). Поворачивая это направление против часовой стрелки на угол  $\alpha_1$ , находим направление второго участка; поворачивая второе направление против часовой стрелки на угол  $\alpha_2$ , определяем направление – третьего участка. Так, если  $\alpha_1 = 40^\circ$  и  $\alpha_2 = 50^\circ$ , то румб второго направления составит  $(40^\circ + 40^\circ) \rightarrow$  ЮВ  $80^\circ$ , третьего направления –  $[180^\circ - (40 + 40 + 50)] \rightarrow$  СВ  $50^\circ$ .

Таким образом, первое направление трассы измеряют по топографической карте, остальные – определяют по углам поворота.

## 2.2. Проектирование плана трассы

Трассу дороги следует проектировать как плавную линию в пространстве со взаимной увязкой элементов плана, продольного и поперечного профилей между собой и с окружающим ландшафтом, с оценкой их влияния на условия движения и зрительное восприятие дороги. Для обеспечения плавности дороги необходимо соблюдать принципы ландшафтного проектирования и рационального сочетания элементов плана и продольного профиля.

Радиусы кривых в плане выбирают на основании технических нормативов на проектирование (см. табл. 1.6) с учетом рельефа местности. 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 допускается на величину не более 1/4 длины меньшей из них. Надо избегать совпадения концов кривых в плане с началом кривых в продольном профиле, расстояние между ними должно быть не менее 150 м. Если кривая в плане расположена в конце спуска длиной свыше 500 м и с уклоном более 30 ‰, радиус ее должен быть увеличен не менее чем в 1,5 раза по сравнению с величинами, приведенными в табл. 1.6, с совмещением кривой в плане и вогнутой кривой в продольном профиле в конце спуска.

Следует ограничивать длину прямых вставок в плане согласно табл. 2.1, а также суммарную длину прямых, сопрягаемых короткой кривой в плане.

Т а б л и ц а 2 . 1

Предельные длины прямых вставок в плане

Категория дороги	Предельная длина прямой в плане на местности	
	равнинной	пересеченной
IA, IB, IB	3500...5000	2000...3000
II, III	2000...3500	1500...2000
IV, V	1500...2000	1500

П р и м е ч а н и е . Большие длины прямых вставок допустимы при преимущественно легковом движении, меньшие – при грузовом.

Радиусы смежных кривых в плане должны различаться не более чем в 1,3 раза. Параметры смежных переходных кривых при сопряжении кривых рекомендуется назначать одинаковыми.

При малых углах поворота дороги в плане следует применять радиусы круговых кривых, приведенных в табл. 2.2.

Не рекомендуется короткая прямая вставка между двумя кривыми в плане, направленными в одну сторону. При длине ее менее 100 м следует заменить обе кривые одной кривой большего радиуса, при длине 100...300 м рекомендуется прямую вставку заменять переходной кривой большего

параметра. Прямая вставка как самостоятельный элемент трассы допускается для дорог IА, IБ, IВ и II категорий при ее длине более 700 м, для дорог III и IV категорий – более 300 м.

Т а б л и ц а 2 . 2

Рекомендуемые радиусы кривых в плане при малых углах поворота

Угол поворота, град	1	2	3	4	5	6	7–8
Наименьший радиус круговой кривой, м	30000	20000	10000	6000	5000	3000	2500

Простые закругления в виде круговых кривых допускается применять при радиусах кривых:

при  $R > 3000$  м – на дорогах IА, IБ, IВ категорий;

при  $R > 2000$  м – на дорогах II – V категорий.

При меньших радиусах кривых с обеих сторон круговой кривой устраивают переходные кривые.

Круговая кривая характеризуется следующими элементами (рис.2.3):  $K = \overset{\frown}{ABC}$  – длина кривой;  $T = AE = CE$  – тангенс (расстояние от вершины угла  $BU$  до начала или конца кривой  $HK, KK$ );  $B = BE$  – биссектриса (расстояние от вершины угла до середины кривой);  $D$  – домер, показывающий, насколько сумма двух тангенсов длиннее кривой.

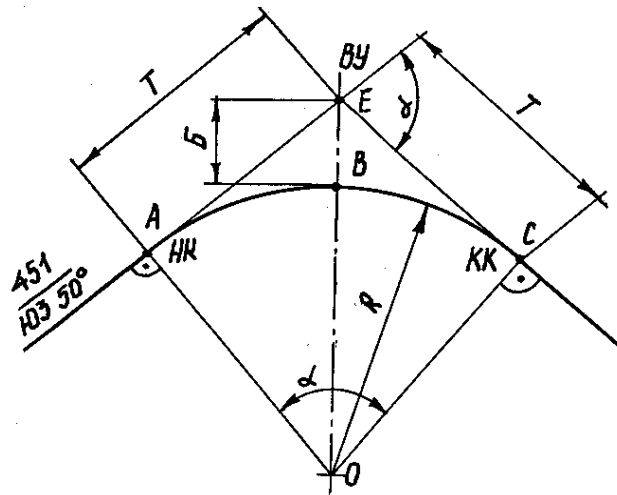


Рис. 2.3. Элементы круговых кривых в плане

Указанные элементы круговых кривых определяются по формулам:

$$T = R \operatorname{tg} 0,5\alpha, \quad (2.1)$$

$$B = R(1/\cos 0,5\alpha - 1); \quad (2.2)$$

$$K = R \alpha / 57,3; \quad (2.3)$$

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

где  $\alpha$  – угол поворота трассы;  
 $R$  – радиус круговой кривой.

Элементы круговых кривых при  $R=1000$  м и  $\alpha=10-35^\circ$  указаны в табл. 2.3. При других радиусах элементы кривой для этих углов поворота можно определить пропорционально или рассчитать по формулам (2.1)–(2.4).

Т а б л и ц а 2 . 3

Элементы круговых кривых автомобильных дорог при  $R = 1000$  м

Угол $\alpha$ , град	Тангенс Т, м	Кривая К, м	Биссектриса Б, м	Домер Д, м
1	2	3	4	5
10	87,489	174,533	3,820	0,445
11	96,289	191,986	4,625	0,592
12	105,104	209,110	5,508	0,768
13	113,936	226,893	6,470	0,979
14	122,785	244,346	7,510	1,224
15	131,652	261,799	8,629	1,505
16	140,541	279,253	9,828	1,829
17	149,451	296,706	11,106	2,196
18	158,354	314,159	12,465	2,609
19	167,343	331,613	13,905	3,073
20	176,327	349,066	15,427	3,588
21	185,339	366,519	17,030	4,159
22	194,380	383,972	18,717	4,788
23	203,452	401,426	20,487	5,478
24	212,557	418,879	22,341	6,235
25	221,695	436,332	24,280	7,058
26	230,868	453,786	26,304	7,950
27	240,079	471,239	28,415	8,919
28	249,328	488,692	30,614	9,964
29	258,618	506,145	32,900	11,091
30	267,949	523,599	35,276	12,289
31	277,325	541,052	37,742	13,598
32	286,745	558,505	40,300	14,985
33	296,213	575,9.19	42,949	16,467
34	305,731	593,412	45,692	18,050
35	315,299	610,865	48,529	19,733

Закругление, состоящее из двух переходных кривых и круговой кривой между ними, называют составной кривой (рис. 2.4).

Наименьшие длины переходных кривых приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Минимально допустимые длины переходных кривых

Радиус круговой кривой, м	50	100	200	300	400	500	1000	2000
Длина переходной кривой, м	35	50	70	90	100	110	120	100

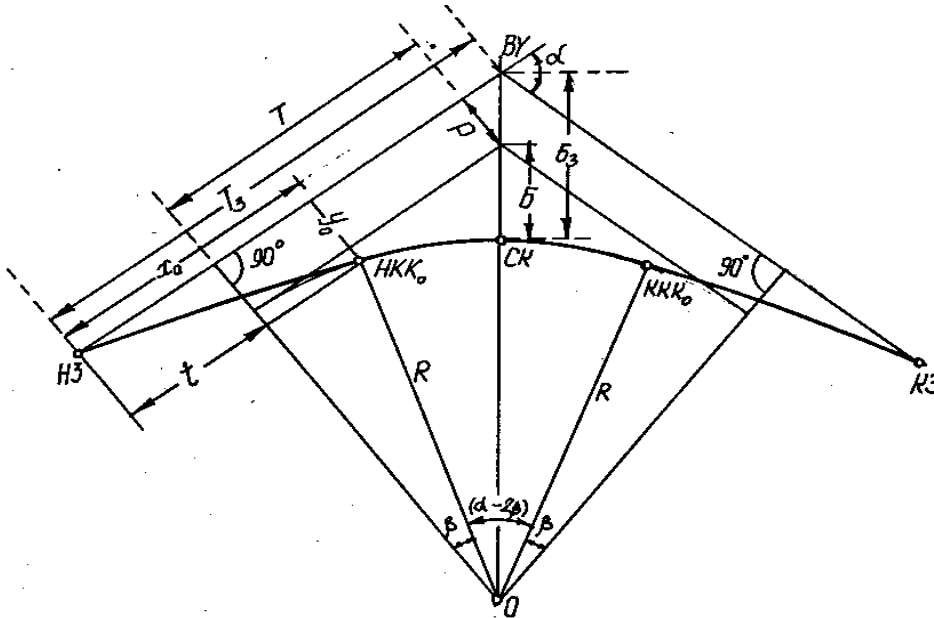


Рис. 2.4. Элементы составных кривых в плане

При устройстве переходных кривых сокращается длина круговой, так как ее центральный угол будет меньше  $\alpha$  на величину  $2\beta$ . Новый центральный угол:

$$\alpha_0 = \alpha - 2\beta, \quad (2.5)$$

где  $\alpha$  – угол поворота трассы;

$\beta$  – угол, составленный касательной к концу переходной кривой с осью абсцисс,

$$\beta = (L/2R) 360^\circ/2\pi. \quad (2.6)$$

Разбивка переходных кривых возможна при условии, что  $\alpha \geq 2\beta$ . При равенстве углов  $\alpha = 2\beta$  закругление состоит из двух переходных кривых, соединяющихся в середине, а круговая кривая отсутствует. В том случае, когда  $\alpha > 2\beta$ , требуется уменьшить длину  $L$  переходной кривой, или увеличить радиус  $R$  круговой кривой, или изменить значения этих элементов одновременно.

Расстояние от начала и конца составной кривой  $HZ$  и  $KZ$  (рис. 2.4) соответственно до начала  $HKK_0$  и конца  $KKK_0$  смещенной круговой кривой:

$$X_0 = L - L^3/40R^2; \quad (2.7)$$

$$Y_0 = L^2/6R - L^4/336 R^3. \quad (2.8)$$

Величина сдвижки первоначальной круговой кривой в ее внутреннюю сторону

$$p = Y_0 - R(1 - \cos\beta). \quad (2.9)$$

Величина сдвижки начала составной кривой относительно начала исходной круговой кривой

$$t = X_0 - R \sin\beta. \quad (2.10)$$

Длина смещенной круговой кривой

$$K_0 = \pi R(\alpha - 2\beta)/180^\circ. \quad (2.11)$$

Величины поправок  $T_p$  и  $B_p$  на тангенс и биссектрису составной кривой (с учетом смещения  $p$ )

$$T_p = p \operatorname{tg} 0,5\alpha; \quad B_p = p(1/\cos 0,5\alpha). \quad (2.12)$$

Элементы составной кривой (закругления):

$$T_3 = T + t + T_p; \quad (2.13)$$

$$K_3 = K_0 + 2L; \quad (2.14)$$

$$D_3 = 2T_3 - K_3; \quad (2.15)$$

$$B_3 = B + B_p. \quad (2.16)$$

На плане (рис. 2.5) трассу разбивают на километры и стометровые участки – пикеты, которые нумеруют последовательно, начиная от начала трассы (НТ). Промежуточные расстояния между пикетами называют плюсами (+). Например, расстояние от начала трассы до заданной точки, равное 4735 м, записывают так:

ПК 47+35, где ПК обозначает слово "пикет".

Сначала производят разбивку участка от начала трассы (ПК0+00) до вершины первого угла поворота ВУ1 и определяют ее пикетажное значение. Затем устанавливают пикетажные положения начала и конца закруглений (НЗ, КЗ).

Если закругление состоит только из круговой кривой (см. 2.3), то пикетажные положения ее начала и конца определяют по формулам:

$$\text{ПК НК} = \text{ПК ВУ} - T; \quad (2.17)$$

$$\text{ПК КК} = \text{ПК НК} + K; \quad (2.18)$$

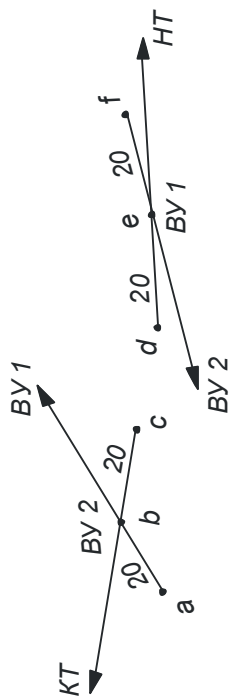
где ПКВУ – пикетажная отметка вершины угла поворота.

Пикетажные положения начала НЗ и конца КЗ составной кривой (см. рис. 2.4):

$$\text{ПК НЗ} = \text{ПК ВУ} - T_3; \quad (2.19)$$

$$\text{ПК КЗ} = \text{ПК НЗ} + K_3. \quad (2.20)$$

Закрепление вершин углов поворота



а, b, c, d, e, f – деревянные столбики

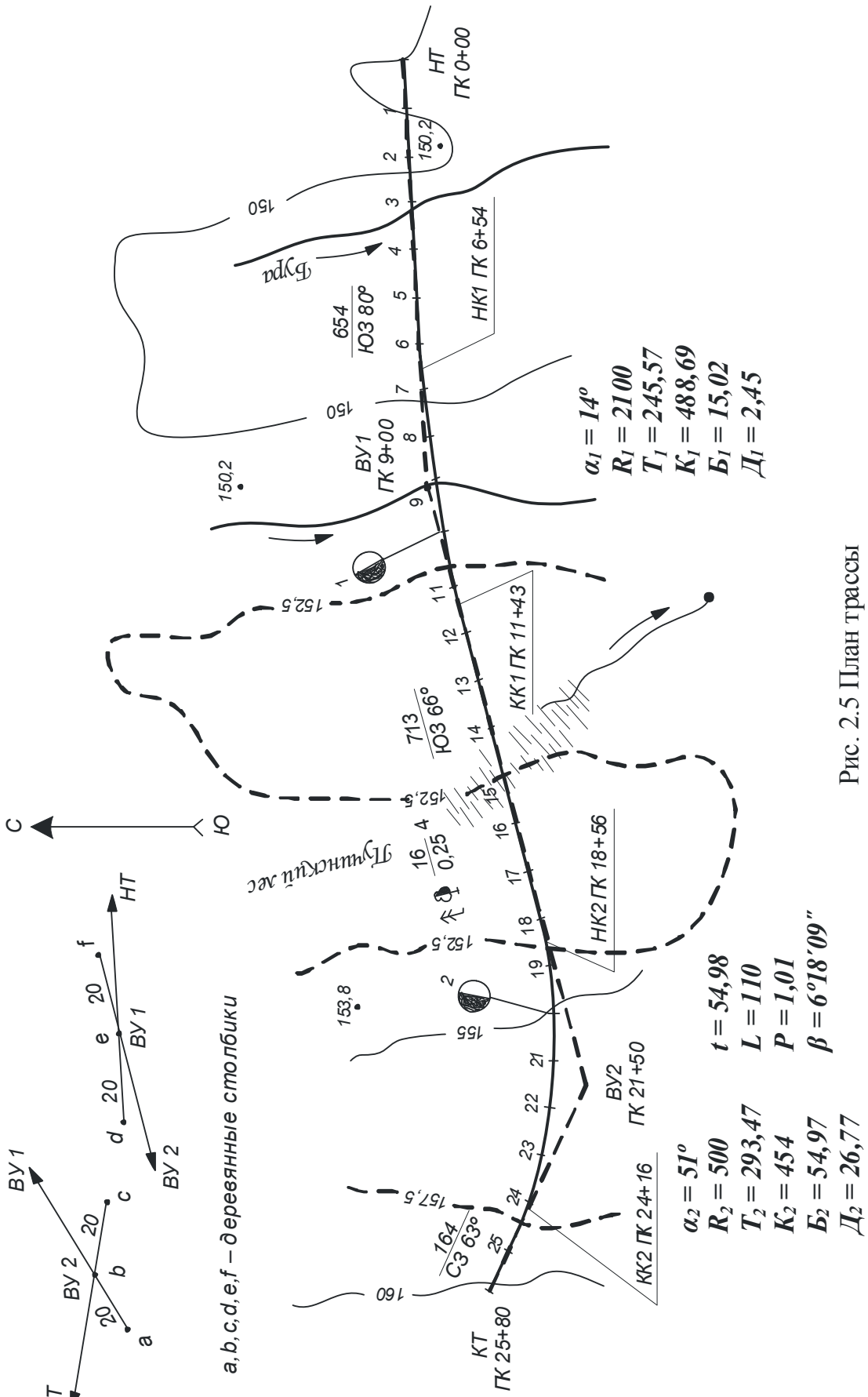


Рис. 2.5 План трассы



Пикетажные положения начала НКК<sub>о</sub> и конца ККК<sub>о</sub> смещенной круговой кривой:

$$\text{ПК НКК}_o = \text{ПК НЗ} + X_o; \quad (2.21)$$

$$\text{ПК ККК}_o = \text{ПК НКК}_o + K_o. \quad (2.22)$$

На плане трассы (см. рис. 2.5) в угол поворота трассы вписывают соответствующую кривую и от начала закругления по кривой разбивают пикетаж до конца закругления. При этом следят за тем, чтобы графически пикетажные положения начала и конца закругления соответствовали расчетным значениям.

От конца первой кривой пикетаж разбивают по прямой до вершины следующего угла поворота. Определяют пикетажное положение второго угла поворота и продолжают разбивку кривых и прямых, как на первом участке.

Детальная разбивка кривых и вынос пикетов на кривые производятся от начала или конца кривой, при этом удобно использовать способ прямоугольных координат. Начало координат совмещается с началом или концом кривой, ось абсцисс направляется по тангенсу к  $BV$ , ось ординат – перпендикулярно оси абсцисс в сторону центра кривой. Задаваясь текущей координатой положения точки на кривой  $S$ , которая представляет собой расстояние по кривой от начала или конца кривой до рассматриваемой точки, вычисляют прямоугольные координаты  $x$  и  $y$  этой точки в принятой системе координат.

Для круговой кривой:

$$x = R \sin S/R; \quad y = R(1 - \cos S/R). \quad (2.23)$$

Для составной кривой:

в пределах переходной кривой

$$x = S - S^5/40(RL)^2; \quad y = S^3/6RL - S^7/336(RL)^3; \quad (2.24)$$

в пределах основной кривой

$$x = X_o + R \left[ \sin \left( \frac{S-L}{R} + \beta \right) - \sin \beta \right]; \quad (2.25)$$

$$y = p + R \left[ 1 - \cos \left( \frac{S-L}{R} + \beta \right) \right]. \quad (2.26)$$

В приведенных формулах все угловые параметры измеряются в радианах.

Длина первого прямого участка  $Пp_1$  – от начала трассы до начала первого закругления – равна пикетажному положению начала этого первого закругления. Длину прямых вставок между кривыми определяют как разность пикетажного положения начала последующей кривой и конца

предыдущей кривой. Длина последнего прямого участка равна разности между пикетажными положениями конца трассы и конца последней кривой.

Расстояние  $S_1$  от начала трассы до вершины первого угла поворота равно пикетажному положению вершины угла поворота. Расстояние между последующими вершинами равно разности между их пикетажным положением плюс домер на предыдущей кривой. Так же определяется расстояние от вершины последнего угла поворота до конца трассы.

### 2.3. Составление ведомости углов поворота, прямых и кривых

Все исходные и полученные в результате построений и вычислений данные заносятся в ведомость углов поворота, прямых и кривых, образец заполнения которой представлен в табл. 2.5.

Правильность вычислений проверяют по уравнениям:

$$1. \Sigma Pr + \Sigma K = L_T,$$

где  $\Sigma Pr$  – сумма длин прямых вставок;

$\Sigma K$  – сумма длин кривых (круговых и составных);  $L_T$  – длина трассы.

$$2. \Sigma S - \Sigma D = L_T,$$

где  $\Sigma S$  – сумма расстояний до вершин углов;

$\Sigma D$  – сумма домеров кривых.

$$3. 2\Sigma T - \Sigma K = \Sigma D,$$

где  $\Sigma T$  – сумма тангенсов всех кривых.

$$4. \Sigma \alpha_{пр} - \Sigma \alpha_{л} = \text{начальный азимут минус конечный азимут трассы,}$$

где  $\Sigma \alpha_{пр}$  – сумма углов поворота трассы вправо, град;

$\Sigma \alpha_{л}$  – сумма углов поворота трассы влево, град.

Если начальная и конечная линии трассы имеют в целом северное или южное направление и румбы соответственно северные (СВ и СЗ) или южные (ЮВ и ЮЗ), или наоборот, то для контроля углов пользуются формулой

$$\Sigma \alpha_{пр} - \Sigma \alpha_{л} = r_n - r_k,$$

где  $r_n$  – румб начальной линии трассы;

$r_k$  – румб конечной линии трассы.

Если начальная линия трассы имеет какой-либо северный румб (СВ или СЗ), а конечная – южный (ЮВ или ЮЗ), или наоборот, то контроль углов производят по формуле

$$\Sigma \alpha_{пр} - \Sigma \alpha_{л} = 180^\circ - (r_n + r_k).$$

Таблица 2.5

Ведомость углов поворота, прямых и кривых (пример)

№ угла	Положение вершины угла	Величина угла, град		Элементы круговой кривой, м				Элементы переходной кривой, м				Элементы составной кривой, м				
		влево	вправо	R	T	K	B	D	L	P	t	T <sub>3</sub>	K <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	
НТ	ПК+															
	0 + 00															
1	9 + 00	14		2100	245,57	489,03	15,02	2,45								
2	21 + 50		51	500	293,47	464	54,97	31,91	110	1,01	54,98	293,47	560,05	26,55	54,97	
КТ	25 + 80															

1.  $\Sigma \text{Пр} + \Sigma K = L_{\Gamma}$ ,

2.  $\Sigma S - \Sigma D = L_{\Gamma}$ ,

$$654 + 713 + 164 + 489 + 560 = 2580;$$

$$900 + 1252,45 + 456,55 - 2,45 - 26,55 = 2580;$$

Окончание табл. 2.5

№ угла	Главные точки кривых				Прямые		
	Круговые кривые		Составные кривые		Расстояние между вершинами углов, м	Длина прямой вставки, м	Румб
	начало, $IK+$	конец, $IK+$	начало, $IK+$	конец, $IK+$			
НТ					900	654	Ю3 80
1	6 + 54	11 + 43			1252,45	713	Ю3 66
2			18 + 56	24 + 16	456,55	164	С3 63
КТ							

$$3. 2\Sigma T - \Sigma K = \Sigma D, \quad 2(245,57 + 293,47) - 489,03 - 560,05 = 2,45 + 26,55, \quad 29 = 29;$$

$$4. \Sigma\alpha_{\text{л}} - \Sigma\alpha_{\text{пр}} = 180 - (\Gamma_{\text{н}} + \Gamma_{\text{к}}) \quad 51 - 14 = 180 - (80 + 63), \quad 37 = 37$$

## Последовательность проектирования дороги в плане

В качестве исходных данных студенту выдаются:

- фрагмент топографической карты (рис. П1.1 прил. 1) масштаба 1:25000 (желательный масштаб) с указанием начала и конца проектируемого участка дороги с таким расчетом, чтобы длина воздушной линии между ними составляла 2 – 2,5 км;

- район расположения проектируемой дороги (табл. П1.3 прил. 1).

Рекомендуемая последовательность проектирования плана трассы:

- ✓ Изучение фрагмента топографической карты (рельеф местности, постоянные и временные водотоки, растительный покров, населенные пункты, существующие пути сообщения и т.д.).

- ✓ Проложение трассы на топографической карте в виде ломаной линии, состоящей из трех отрезков. Средний отрезок должен быть примерно в 1,5 раза длиннее крайних. Углы поворота, по возможности, принять не более 20–30°.

- ✓ Подготовка необходимого формата для построения плана трассы с таким расчетом, чтобы его можно было выполнить в масштабе 1: 5000.

- ✓ Перенос трассы с топографической карты на чертеж плана трассы (методом пропорциональной сетки или иным способом). При этом особое внимание следует обратить на соотношение масштаба карты и плана трассы, ориентацию относительно частей света карты и плана трассы на чертеже, расположение высотных горизонталей, расположение и величину углов поворота, особенности рельефа местности. Трасса изображается на чертеже таким образом, чтобы верх листа, по возможности, был обращен на север.

- ✓ Определение (измерением) румба первого прямого участка. Определение расчетом румбов второго и третьего участков.

- ✓ Разбивка на пикеты первого прямого участка от начала трассы (НТ) до вершины первого угла поворота (ВУ1). Установление пикетажного положения ВУ1.

- ✓ Назначение радиуса первой кривой, сопрягающей первый и второй прямые участки и определение параметров кривой. Радиус кривой назначается с таким расчетом, чтобы одна из кривых (первая или вторая) была круговой, другая – составной.

- ✓ Построение кривой для ВУ1 и определение пикетажного положения ее начала и конца.

- ✓ Разбивка на пикеты первой кривой с учетом пикетажного положения ее начала и конца.

- ✓ Продолжение разбивки трассы на пикеты от конца первой кривой до вершины второго угла поворота (ВУ2). Установление пикетажного положения ВУ2.

- ✓ Назначение радиуса второй кривой и определение ее параметров.

✓ Построение кривой для ВУ2 и определение пикетажного положения ее начала и конца.

✓ Разбивка на пикеты второй кривой с учетом пикетажного положения ее начала и конца.

✓ Продолжение разбивки трассы на пикеты от конца второй кривой до конца трассы (КТ) и определение пикетажного положения КТ.

✓ Определение длины прямых участков трассы.

✓ Составление ведомости углов поворота, прямых и кривых (см. табл. 2.5);

✓ Проверка правильности вычислений и построения;

✓ Оформление чертежа плана трассы (см. рис. 2.5). На чертеже плана трассы наносят и указывают: масштаб; указатель направления на север стрелкой с буквой С (в верхнем левом углу листа); ситуацию местности около трассы; горизонтали с высотными отметками поверхности земли; указатели пикетов и километров; пикетажное положение вершин углов поворота, начала и конца кривых; направление и длину прямых участков трассы; углы поворота и элементы кривых; схему закрепления углов поворота трассы; здания и сооружения, инженерные сети, транспортные развязки. Ситуационные знаки и надписи располагают параллельно рамке. Условные обозначения и знаки должны соответствовать действующим условным обозначениям и знакам (прил. 3).

### 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАЛЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Малые водопропускные сооружения устраивают на пересечениях дорогой небольших рек, ручьев и временных водотоков, возникающих после обильных дождей и таяния снега.

Количество водопропускных сооружений на 1 км дороги в среднем составляет:

- ✓ пустыни и полупустыни – 0,3;
- ✓ болотистые районы – 1,0;
- ✓ равнины – 0,5-1,0;
- ✓ сильно пересеченный рельеф – 1,0-1,5;
- ✓ среднехолмистый рельеф – 0,7-1,2;
- ✓ горные районы – 1,5-2,0;
- ✓ районы с искусственным орошением – 3,0.

Основными видами водопропускных сооружений являются малые мосты и трубы. Устройство мостов предъявляет повышенные требования к продольному профилю дорог и приводит к значительному удорожанию сооружения. Эти обстоятельства позволяют рассматривать трубы как основной тип малых водопропускных сооружений на постоянных и периодически действующих водотоках с расходом воды до  $30 \text{ м}^3 / \text{с}$  и при отсутствии ледохода. Трубы составляют около 85 % общего числа водопропускных сооружений.

#### 3.1. Определение расчетного расхода воды с малых водосборов

Расчетным расходом воды  $Q_p$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , называют наибольший объем воды, притекающий к водопропускному сооружению (трубе, мосту) за единицу времени.

Расчетный расход  $Q_p$  определяется как наибольшая величина из двух величин: расчетного расхода ливневых вод  $Q_{\text{л}}$  и расчетного расхода талых вод  $Q_{\text{т}}$ .

Если учитывается аккумуляция дождевой воды перед сооружением, то расчетный расход  $Q_p$  определяется как величина, бо́льшая из двух: сбросного  $Q_{\text{с}}$  и талых вод  $Q_{\text{т}}$ .

Расчетный расход ливневых вод  $Q_{\text{л}}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , с достаточной точностью для практики вычисляется по формуле

$$Q_{\text{л}} = 16,7 K \alpha_{\text{ч}} \alpha_{\text{ф}} F, \quad (3.1)$$

где  $\alpha_{\text{ч}}$  – интенсивность ливня часовой продолжительности (мм/мин), принимаемая в зависимости от ливневого района и вероятности превышения  $\alpha_{\text{ч}}$ , %, (табл. 3.1);

- $F$  – площадь водосборного бассейна, км<sup>2</sup>;  
 $K$  – коэффициент приведения интенсивности ливня часовой продолжительности к расчетной, зависящий от площади водосбора  $F$ , км<sup>2</sup>, и ливневого района (табл. 3.2);  
 $\alpha$  – коэффициент потерь стока, зависящий от геологического строения местности и площади водосбора  $F$ , км<sup>2</sup>, (табл. 3.3);  
 $\varphi$  – коэффициент редукции стока, зависящий от площади водосборного бассейна (табл. 3.4).

Т а б л и ц а 3 . 1

Значение интенсивности ливня часовой продолжительности

Ливневые районы	Интенсивность ливня $\alpha_{\text{ч}}$ часовой продолжительности, мм/мин., при вероятности превышения, %					
	10	5	4	3	2	1
1	0,27	0,27	0,29	0,32	0,34	0,40
2	0,29	0,36	0,39	0,42	0,45	0,50
3	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	0,70
4	0,45	0,59	0,64	0,69	0,74	0,9
5	0,46	0,62	0,69	0,75	0,82	0,97
6	0,49	0,65	0,73	0,81	0,89	1,01
7	0,54	0,74	0,82	0,89	0,97	1,15
8	0,79	0,98	1,07	1,15	1,24	1,41
9	0,81	1,02	1,11	1,20	1,28	1,48
10	0,82	1,11	1,23	1,35	1,46	1,74

П р и м е ч а н и я : 1. Номера ливневых районов устанавливаются по карте (прил. 6) в зависимости от района проложения дороги.

2. Вероятность превышения расчетных паводков при проектировании водоотводных канав и кюветов следует принимать: для дорог I и II категорий – 2%, III категории – 3%, IV и V категорий – 4%, а при проектировании водоотводных сооружений с поверхности мостов и дорог: для дорог I и II категорий – 1%, III категории – 2%, IV и V категорий – 3%.

3. Вероятность превышения паводка при проектировании насыпи на подходах к мостам следует принимать: для дорог I, II и III категорий – 1%, IV и V категорий – 2%, а на подходах к трубам: для дорог I категорий – 1%, II и III категорий – 2%, IV и V категорий – 3%.

4. Вероятность превышения расчетных паводков при проектировании нагорных канав, кюветов и водосборов следует принимать: для дорог I и II категорий – 3%, III и IV категорий – 5%, при проектировании прочих водоотводных канав: для дорог I и II категорий – 6%, III и IV категорий – 10%.

5. Вероятность превышения паводка при проектировании малых мостов на ведомственных дорогах следует принимать: для капитальных малых мостов – 2%, для деревянных малых мостов – 3%, а при проектировании труб: для дорог I и II категорий – 2%, III категории – 3% и IV категории – 4%.



Т а б л и ц а 3 . 2

Зависимость коэффициента приведения  $K$  от ливневого района  
и площади водосбора

Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Значения коэффициента приведения $K$ для ливневых районов						
	1	2	3 и 4	5 и 7	6	8	10
0,0001	4,10	4,20	4,20	4,30	4,75	4,05	3,85
0,0005	3,50	3,50	3,50	3,70	3,90	3,50	3,30
0,001	3,00	2,80	2,90	3,05	3,20	3,00	2,75
0,005	2,50	2,30	2,40	2,55	2,65	2,50	2,30
0,01	2,15	1,95	2,07	2,12	2,20	2,00	1,90
0,05	1,85	1,70	1,80	1,82	1,90	1,75	1,65
01	1,60	1,50	1,60	1,62	1,65	1,55	1,45
05	1,35	1,30	1,40	1,37	1,35	1,35	1,30
08	1,20	1,20	1,30	1,25	1,25	1,20	1,20
1,0	1,18	1,15	1,20	1,20	1,20	1,18	1,15
5,0	1,05	1,03	1,10	1,09	1,05	1,05	1,03
7,0	1,00	1,00	1,05	1,04	1,00	1,00	1,00
10,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
50,0	0,94	0,95	1,00	0,99	0,98	0,96	0,97
100	0,90	0,90	0,93	0,91	0,92	0,91	0,92
300	0,89	0,89	0,90	0,88	0,91	0,90	0,90
500	0,87	0,85	0,87	0,86	0,90	0,85	0,86
1000	0,80	0,79	0,82	0,75	0,76	0,70	0,70

Т а б л и ц а 3 . 3

Значения коэффициента потерь стока  $\alpha$

Вид и характер поверхности	Коэффициент $\alpha$ при $F$ , км <sup>2</sup>		
	$\leq 0,1$	0,1...10	10...100
1	2	3	4
Асфальт, бетон, скала без трещин	1	1	1
Жирная глина, такыры и такыровые почвы	0,8...0,95	0,65...0,95	0,65...0,90
Суглинки, подзолы, подзолистые и серые лесные суглинки, сероземы тяжелосуглинистые, тундровые и болотные почвы	0,70...0,90	0,55...0,90	0,50...0,75
Чернозем обычный и южный, светло-каштановые почвы, лёсс, карбонатные почвы, темно-каштановые почвы	0,55...0,80	0,45...0,75	0,35...0,65

Окончание табл. 3.3

1	2	3	4
Супеси, бурые и серо-бурые пустынно-степные почвы, сероземы супесчаные и песчаные	0,35...0,60	0,20...0,55	0,20...0,45
Песчаные, гравелистые, рыхлые каменистые почвы	0,25	0,15...0,20	0,10

Примечание. Меньшие значения коэффициентов  $\alpha$  соответствуют суточным слоям осадков  $H < 80$  мм, большие – значениям  $H > 200$  мм. В пределах  $80 > H < 200$  мм значения  $\alpha$  определяются интерполяцией.

Таблица 3.4

Зависимость коэффициента редукиции  $\phi$  от площади водосбора

Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Значения коэффициента редукиции $\phi$	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Значения коэффициента редукиции $\phi$
0,0001	0,98	4	0,44
0,001	0,91	5	0,42
0,005	0,86	6	0,40
0,01	0,81	8	0,36
0,05	0,75	10	0,33
0,1	0,69	15	0,31
0,2	0,68	22	0,29
0,3	–	26	0,28
0,4	–	30	0,27
0,5	–	40	0,25
0,6	–	50	0,24
0,7	–	60	0,22
0,8	0,58	80	0,20
0,9	0,56	100	0,19
1,0	0,53	200	0,17
1,5	0,52	300	0,16
2	0,50	500	0,14
3	0,47	1000	0,12

Площадь водосбора можно определить по карте, где нанесен план трассы. Границами водосбора являются водораздельные линии и дорога или канава.

Расчетный расход талых вод  $Q_T$ , м<sup>3</sup>/с, определяется по формуле

$$Q_T = F(K_0 h_p \delta_1 \delta_2 / (F+1)^n), \quad (3.2)$$

где  $F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;

$h_p$  – расчетный слой стока, мм;

$$h_p = h_{cp} \cdot K_m,$$

$h_{cp}$  – средний многолетний слой стока, мм, принимаемый в зависимости от района проложения трассы (прил. 7);

$K_m$  – модульный коэффициент, определяемый в зависимости от вероятности превышения слоя стока (табл. 3.5);

$K_0$  – коэффициент дружности половодья, принимаемый в зависимости от района проложения трассы (табл. 3.6);

$\delta_1$  – коэффициент, учитывающий наличие в водосборном бассейне озер:

Озерность, %	2...5	5...10	10...15	более 15
$\delta_1$	0,90	0,80	0,75	0,70

$\delta_2$  – коэффициент, учитывающий наличие в водосборном бассейне лесов и болот (табл. 3.7);

$n$  – показатель степени, принимаемый в зависимости от района проложения трассы (см. табл. 3.6).

Приведенные на карте (прил. 7) значения средних многолетних слоев стока  $h_{cp}$ , мм, соответствуют  $F > 100$  км<sup>2</sup> на европейской территории РФ и  $F > 1000$  км<sup>2</sup> на азиатской территории РФ. При меньших площадях бассейнов к значениям, снятым с карты, вводят поправочные коэффициенты: 1,1 – при холмистом рельефе; 0,9 – при равнинном рельефе и песчаных почвах; 0,5 – при особо больших потерях стока (сосновые леса на песках, распространение туфогенных пород); принимаемые по табл. 3.8 – для засушливых районов и полупустынной зоны Западной Сибири при  $F < 3000$  км<sup>2</sup>.

Таблица 3.5

ВП, %		Значения коэффициента $K_M$														
		Коэффициента вариации $C_V$														
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
		Значение $K_M$ при $C_S=2C_V$														
1	1,25	1,52	1,82	1,82	2,16	2,51	2,89	3,29	3,71	4,15	4,60	5,05	5,53	6,02	6,55	7,08
2	1,23	1,47	1,73	1,73	2,02	2,32	2,64	2,98	3,33	3,68	4,06	4,43	4,28	5,22	5,63	6,03
3	1,20	1,41	1,64	1,64	1,87	2,13	2,33	2,66	2,94	3,21	3,51	3,80	4,12	4,42	4,71	4,98
10	1,13	1,26	1,40	1,40	1,54	1,67	1,80	1,94	2,06	2,19	2,30	2,40	2,50	2,57	2,64	2,70
		Значение $K_M$ при $C_S=3C_V$														
1	1,25	1,55	1,90	1,90	2,26	2,66	3,07	3,50	3,96	4,27	4,57	5,18	5,79	-	-	-
2	1,23	1,49	1,78	1,78	2,09	2,42	2,75	3,10	3,46	3,82	4,17	4,53	4,89	-	-	-
3	1,20	1,42	1,66	1,66	1,91	2,17	2,43	2,69	2,95	-	-	-	-	-	-	-
10	1,13	1,26	1,40	1,40	1,52	1,65	1,76	1,67	1,97	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. ВП – вероятность превышения (см. примечание к табл. 3.1).

Т а б л и ц а 3 . 6

Значение коэффициента дружности половодья  $K_0$

Природная зона, географический район	Показатель степени $n$	$K_0$
Зона тундры и лесная:		
Восточная Сибирь	0,17	0,010
Западная Сибирь	0,25	0,013
Лесостепная и степная:		
Европейская территория РФ	0,25	0,020
Северный Кавказ	0,25	0,030
Западная Сибирь	0,25	0,030
Засушливые степи и полупустыни	0,35	0,060

П р и м е ч а н и е . Для горных водосборов с уклонами более 0,05  $n = 0,15$

Т а б л и ц а 3 . 7

Значения коэффициента  $\delta_2$

$\beta = \frac{5F_{\text{л}} + 10F_{\text{б}}}{F} + 1$ (целые числа)	$\beta$ (десятыи доли)				
	0	2	4	6	8
	Значения $\delta_2$				
1	1,0	0,94	0,88	0,84	0,80
2	0,76	0,73	0,70	0,67	0,64
3	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54
4	0,52	0,50	0,48	0,47	0,46
5	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39
6	0,38	0,37	0,36	0,34	0,33
7	0,32	0,31	0,30	0,30	0,29

П р и м е ч а н и е .  $F_{\text{л}}$  и  $F_{\text{б}}$  – соответственно части площади бассейна  $F$ , занятые лесами и болотами.

Значение  $K_M$  принимается в зависимости от коэффициентов: вариации  $C_v$  (устанавливается по карте, представленной в прил. 8); асимметрии  $C_s$  (для равнинных районов  $C_s=2C_v$ ; для северо-западных и северо-восточных районов РФ  $C_s=3C_v$ ; для горной местности  $C_s=(3-4)C_v$ . При  $F < 200 \text{ км}^2$  значение  $C_v$ , взятое с карты, умножают на коэффициенты, приведенные в табл. 3.9.

Т а б л и ц а 3 . 8

Значения поправочных коэффициентов к значениям  $h_{\text{ср}}$   
для засушливых районов при  $F < 3000 \text{ км}^2$

Значение $h_{\text{ср}}$ (мм), снятое с карты	Поправочные коэффициенты при $F$ , км				
	10	100	500	1000	3000
Менее 10	3,5	2,3	1,6	1,6	1,0
10...15	2,5	1,6	1,4	1,2	1,0
15...30	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0

Таблица 3.9

Поправочные коэффициенты для значений  $C_v$ 

Площадь бассейна, км <sup>2</sup>	0...50	51...100	101...150	151...200
Поправочный коэффициент	1,25	1,20	1,15	1,05

Если расход ливневых вод больше расхода талых вод, то целесообразно предусмотреть аккумуляцию воды перед сооружением. В этом случае перед трубой или малым мостом образуется временный пруд глубиной  $H$ , м, и объемом  $W_{\text{п}}$ , м<sup>3</sup>, равным:

$$W_{\text{п}} = [(m_1 + m_2) / 6i_{\text{л}}] \cdot H^3, \quad (3.3)$$

где  $i_{\text{л}}$  – уклон дна сооружения, доли единицы ( $i_{\text{л}} \approx 0,025 - 0,050$ );  
 $m_1, m_2$  – показатели крутизны откосов сооружения ( $m_1 \approx m_2 \approx 6 - 11$ ).

Величина сбросного расхода

$$Q_{\text{с}} = \lambda Q_{\text{л}}, \quad (3.4)$$

где  $\lambda$  – коэффициент трансформации, принимаемый по табл. 3.10 в зависимости от отношений  $\frac{W_{\text{п}}}{W}$ ;

$W$  – объем полного стока с бассейна, м<sup>3</sup>,

$$W = 6 \cdot 10^4 (F \alpha \varphi / \sqrt{K}), \quad (3.5)$$

где  $F, \alpha, \varphi, K$  – см. формулу (3.1).

Таблица 3.10

Значения коэффициента трансформации  $\lambda$ 

$\frac{W_{\text{п}}}{W}$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
$\lambda$	0,97	0,90	0,82	0,73	0,62	0,53	0,49	0,45
$\frac{W_{\text{п}}}{W}$	0,45	0,50	0,55	0,60	0,70			
$\lambda$	0,30...0,40	0,30...0,35	0,26...0,32	0,23...0,26	0,23...0,27			

### 3.2. Проектирование водопропускных круглых труб

Основным параметром искусственных сооружений является диаметр отверстия. Трубы по форме отверстия бывают: круглые, прямоугольные, сводчатые, овоидальные; в зависимости от применяемых материалов: железобетонные и металлические; по количеству труб в одном сооружении: одно-, двух-, трех- и четырехочковые; по конструкции: фундаментные и бесфундаментные. Наиболее распространены прямоугольные и круглые железобетонные трубы. Овоидальные трубы, собираемые из

металлических гофрированных элементов, используются для организации скотопрогонов и пешеходных тоннелей. Круглая железобетонная труба показана на рис. 3.1 (разрез по продольной оси трубы). Отверстие прямоугольной трубы – наибольшая ширина внутреннего поперечного сечения потока, для круглых труб – внутренний диаметр  $d$ .

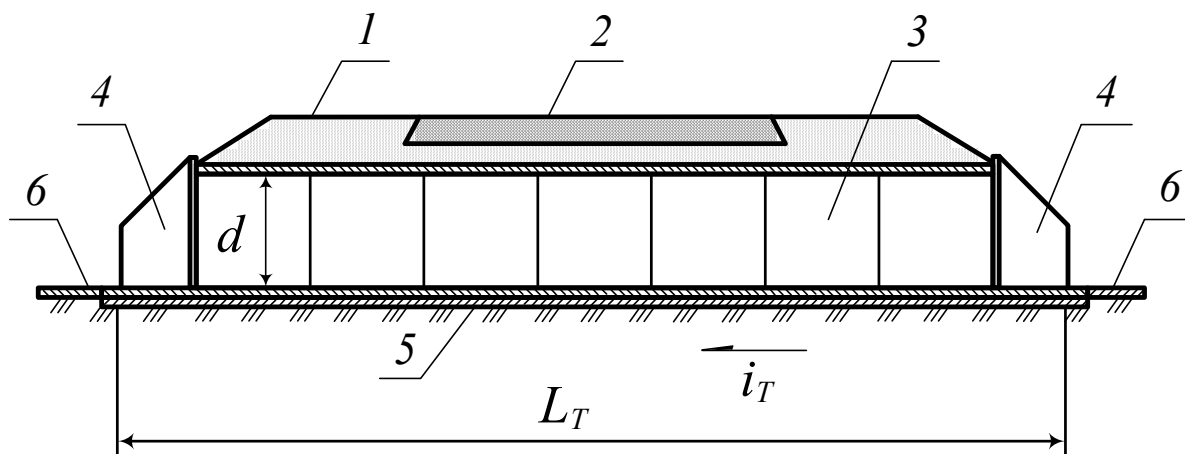


Рис. 3.1. Круглая железобетонная труба (разрез по продольной оси):  
1 – насыпь; 2 – дорожная одежда; 3 – звено трубы; 4 – оголовок;  
5 – фундамент; 6 – укрепление русла

Железобетонные водопропускные круглые трубы на дорогах собирают из элементов заводского изготовления: круглых (нормальных) и конических звеньев. Диаметры круглых звеньев  $d$  (м): 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 2,0. Для сопряжения с откосами земляного полотна и создания условий для нормального протекания воды с верховой стороны трубы устанавливают входные, а с низовой – выходные оголовки. При диаметре труб 0,75 м применяют порталные, а при диаметре 1,00 м и выше предусматривают раструбные оголовки.

Отверстие трубы  $d$  обычно назначают не менее 1 м при ее длине без оголовка до 20 м, а при большей длине – не менее 1,25 м. Допускается применение труб отверстием 0,75 м при их длине до 15 м.

Если для пропуска расчетного расхода воды  $Q_p$  одного отверстия трубы мало, проектируют двух-, трех и четырехочковые трубы, при этом расчетный расход уменьшается соответственно в 2, 3 или 4 раза, и по нему определяют гидравлические характеристики труб. Более 4 очков у круглых труб назначать невыгодно. При проектировании дороги необходимо стремиться к выбору однотипного сечения труб.

Пропускную способность труб  $Q$ , м<sup>3</sup>/с, рассчитывают с учетом режима протекания в них воды. Различают три режима протекания воды в трубах:

- безнапорный, когда напор  $H$  (глубина воды на входе) меньше диаметра входного отверстия трубы  $d$  на входе или превышает его не более чем на 20 % ( $H \leq 1,2d$ ); на всем протяжении трубы поток воды имеет свободную поверхность;

- полунапорный, образующийся при обычных оголовках (портальных и раструбных), когда напор  $1,4d > H > 1,2d$ , на входе работает полное сечение трубы, а на всем остальном протяжении поток имеет свободную поверхность;

- напорный, который устраивается при использовании специальных обтекаемых оголовков конической формы, при подтоплении верха трубы на входе 40 % и более ( $H \geq 1,4d$ ) и уклоне трубы  $i_t$ , не превышающем уклон трения  $i_{тр}$  ( $i_t \leq i_{тр}$ ); труба работает полным сечением без отрыва потока от потолка трубы на всем протяжении и только на выходе поток может отрываться от потолка трубы.

Не рекомендуется применять напорные трубы с отверстиями, превышающими 1,5 м из-за большой разрушительной силы выходящего потока воды. Следует отдавать предпочтение трубам, работающим в безнапорном режиме.

Трубы подбираются таким образом, чтобы их суммарная пропускная способность  $Q_{\Sigma}$  была не менее расчетного расхода  $Q_p$ , то есть  $Q_{\Sigma} \geq Q_p$ .

Пропускная способность одной трубы рассчитывается по формулам:

а) при безнапорном и полунапорном режимах

$$Q = \varphi \omega \sqrt{2g(H - h_c)}; \quad (3.6)$$

б) при напорном режиме

$$Q = \varphi \omega_t \sqrt{2g \{H - d - L_t (i_{тр} - i_t)\}}, \quad (3.7)$$

где  $\varphi$  – коэффициент скорости, зависящий от конструкции оголовка, для обтекаемых оголовков  $\varphi=0,95$ , для всех остальных –  $\varphi=0,85$ ;

$\omega$  – площадь сжатого сечения потока в трубе,  $m^2$ ;

$h_c$  – глубина потока в сжатом сечении, м;

$\omega_t$  – площадь поперечного сечения трубы,  $m^2$ ;

$d$  – диаметр трубы, м;

$L_t$  – длина трубы, м.

Для круглых труб:

$$\omega_t = 0,78d^2;$$

при безнапорном режиме

$$\omega = 0,5\omega_t; \quad h_c = 0,5d;$$

при полунапорном режиме

$$\omega = 0,6\omega_t; \quad h_c = 0,56d;$$

При диаметре круглых труб 1,25 м и менее  $i_{тр} \approx 0,007$ , при  $d \geq 1,5$  м  $i_{тр} 0,006$ .

Уклон трубы  $i_t$  принимают равным уклону местности (лога) (но не менее 0,01–0,02).



Необходимое количество водопропускных труб (или количества очков)

$$Z=Q_p/Q.$$

При выборе конструкции трубы можно пользоваться таблицами гидравлических характеристик типовых круглых труб, по которым устанавливаются значения  $Q$ ,  $H$ , скорости потока в трубе  $V_c$  в зависимости от диаметра трубы и режима протекания воды (табл. 3.11).

Если  $Q_T > Q_L$ , то по величине  $Q_T$  подбираются диаметры труб  $d$  по табл. 3.11 (гидравлические характеристики типовых круглых труб) таким образом, чтобы их суммарная пропускная способность отличалась от значения  $Q_T$  не более чем на 5 %.

Т а б л и ц а 3 . 1 1

Гидравлические характеристики типовых круглых труб

Режим протекания, вид оголовка	Диаметр трубы $d$ , м	Глубина воды перед трубой $H$ , м	Пропускная способность $Q$ , м <sup>3</sup> /с	Скорость потока в сооружении $V_c$ , м/с
1	2	3	4	5
Безнапорный режим, порталый оголовок	0,75	0,41	0,20	1,40
		0,62	0,40	1,70
		0,79	0,60	2,00
Безнапорный режим, раструбный оголовок с нормальным входным звеном	1,00	0,68	0,60	2,10
		0,81	0,80	2,30
		0,93	1,00	2,40
		1,05	1,20	2,60
		1,16	1,40	2,80
Безнапорный режим, раструбный оголовок с коническим входным звеном	1,00	0,57	0,80	1,40
		0,84	1,00	2,40
		1,03	1,40	2,70
		1,14	1,65	2,90
		1,31	2,00	3,30
		1,39	2,20	3,40
Безнапорный режим, раструбный оголовок с коническим входным звеном	1,25	0,77	1,00	2,20
		0,95	1,50	2,50
		1,13	2,00	2,70
		1,29	2,50	3,00
Безнапорный режим, раструбный оголовок с коническим входным звеном	1,50	1,37	2,70	3,20
		1,40	3,00	3,30
		1,61	3,50	3,50
		1,74	3,90	3,80
		2,19	4,50	3,90
		2,27	4,80	4,00

Окончание табл. 3.11

1	2	3	4	5
Безнапорный режим, раструбный ого- ловок с коническим входным звеном	1,75	1,47	4,50	3,20
		1,75	4,70	3,70
		1,81	5,00	3,70
		2,08	6,00	4,10
Безнапорный режим, раструбный оголовок с коничес- ким входным звеном	2,00	1,47	4,50	3,20
		1,55	5,00	3,30
		1,65	5,50	3,40
		1,73	6,00	3,50
		1,81	6,50	3,60
		1,90	7,00	3,70
		1,98	7,50	3,80
		2,06	8,00	3,90
		2,14	8,50	4,00
		2,22	9,00	4,10
		2,31	9,50	4,20
		2,38	10,00	4,30
		2,46	10,50	4,40
		2,54	11,00	4,50
2,78	12,50	4,80		
Полунапорный режим, раструбный оголовок с нормальным входным звеном	1,00	1,30	1,60	3,30
		1,80	2,00	4,10
		2,34	2,40	4,90
		2,95	2,80	5,70
		3,16	3,00	6,00
Напорный режим, раструбный оголо- вок с нормальным входным звеном	1,00	1,66	3,00	4,20
		2,02	3,50	5,00
Напорный режим, раструбный оголо- вок с нормальным входным звеном	1,25	1,96	5,00	4,50
		2,45	6,00	5,40
Напорный режим, раструбный оголо- вок с коническим входным звеном	1,5	2,24	7,00	4,40
		2,40	8,00	5,50
		2,58	8,50	5,30
Напорный режим, раструбный оголо- вок с коническим входным звеном	2,00	2,86	13,30	4,90
		3,01	14,50	5,10
		3,11	16,00	5,70
		3,22	16,50	6,10

Если  $Q_T < Q_{л}$ , то необходимо подобрать диаметр трубы с учетом аккумуляции воды перед сооружением.

Найденную величину сбросного расхода  $Q_c$  сравнивают с величиной  $Q_T$ , если  $Q_c > Q_T$ , то оставляют принятую трубу и при известной величине  $H$  вычисляют скорость течения воды в трубе:  $V_c = \sqrt{6,72H}$ . Если  $Q_c < Q_T$ , то надо принять трубу большего диаметра или увеличить количество очков. Определяется величина сбросного расхода  $Q_c$ , и повторяются действия.

Минимально допустимая высота насыпи  $H_n$  в месте устройства трубы составляет:

а) для безнапорных труб

$$H_n = d + \delta + \Delta; \quad (3.8)$$

б) для полунанпорных и напорных труб

$$H_n = H + \Delta, \quad (3.9)$$

где  $\delta$  – толщина стенки трубы, м;

$\Delta$  – запас высоты над трубой (м), равный для безнапорных труб 0,5 м, для полунанпорных и напорных 1,0 м.

Длина трубы без оголовков  $L_0$ , м, равна:

$$L_0 = B + 2m(H_n - d), \quad (3.10)$$

где  $B$  – ширина земляного полотна, м;

$m$  – коэффициент заложения откосов насыпи;

$H_n$  – принятая высота насыпи у трубы, м;

$d$  – диаметр входного отверстия трубы, м.

Необходимое количество круглых звеньев трубы  $n$  равно:

$$n = (L_0 + 0,01) / (l_T + 0,01), \quad (3.11)$$

где  $l_T$  – длина круглого звена трубы (м), которая равна для стандартных звеньев 1 м и 2 м.

Полученное по формуле (3.11) значение округляется в большую сторону до целого значения.

Параметры конструктивных элементов трубы выбираются по табл. 3.12.

Полная длина трубы  $L_T$ , м, определяется по формуле

$$L_T = n(l_T + 0,01) + 2l'_B + 2(l_0 + h_{п} + 0,02) - 0,01, \quad (3.12)$$

где  $l'_B$  – длина входного конического звена с учетом толщины шва (м), равная  $l'_B = l_B + 0,01$  при укладке конического звена; если коническое звено отсутствует, то  $l'_B = 0$ ;

$l_B$  – длина входного конического звена, м;

$l_0$  – длина оголовка, м;

$h_{п}$  – толщина порталного блока (м), равная 0,35 м.

Окончательно длина трубы и количество круглых звеньев определяются после построения проектной линии дороги и уточнения величины рабочей отметки насыпи у трубы.

Т а б л и ц а 3 . 1 2

Параметры конструктивных элементов круглых труб

Диаметр отверстия $d$ , м	Входное звено		Длина оголовка $l_0$ , м	Высота насыпи $H_n$ , м	Толщина стенки труб $\delta$ , м
	Высота $h_t$ , м	Длина $l_b$ , м			
1,0	1,2	1,32	1,78	До 4 4...7	0,12 0,12
1,25	1,5	1,32	2,26	До 4 4...8	0,12 0,14
1,5	1,8	1,32	2,74	До 4,5 4,5...9	0,14 0,16
2,0	2,4	1,32	3,66	До 4,5 4,5...9	0,20 0,24

Тип укрепления русла за трубой принимают в зависимости от скорости растекания воды в нижнем бьефе, равной  $1,5V_c$ , где  $V_c$  – скорость течения воды в трубе, м/с. Длина укрепления за сооружением  $L_{укр}$ , м, должна составлять не менее  $3d$  для безнапорных труб и не менее  $4d$  для полунапорных и напорных. Длина укрепления перед сооружением  $L'_{укр}$ , м, составляет не менее половины от  $L_{укр}$ . Ширина укрепления  $B_{укр}$ , м, за сооружением и перед сооружением  $B'_{укр}$ , м, определяется в зависимости от высоты  $h_{уз}$ , м, укрепленной зоны, которая составляет:  $0,3d$  – для безнапорных труб;  $0,5d$  – для полунапорных и  $d$  – для напорных труб.

$$B_{укр} = b_0 + h_{уз} \left( \sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2} \right), \quad (3.13)$$

где  $b_0$  – средняя ширина дна лога на расстоянии  $L_{укр}$ , м;  
 $m_1, m_2$  – коэффициенты заложения откосов лога.

$$B'_{укр} = (0,9 - 1,0) B_{укр}.$$

Площадь укрепления русла  $F_{укр}$  ( $m^2$ ) для одной трубы равна:

$$F_{укр} = L_{укр} B_{укр} + L'_{укр} B'_{укр}. \quad (3.14)$$

Площадь заложения предохранительного откоса крутизной 1:1 за укреплением после сооружения  $F_{по}$ ,  $m^2$ , равна:

$$F_{по} = 1,41 h_{зал} B_{укр}. \quad (3.15)$$

Глубина заложения  $h_{\text{зал}}$  предохранительного откоса за укреплением рассчитывается в зависимости от величины  $\Delta_p$ , м, принимаемой по табл. 3.13:

$$h_{\text{зал}} = \Delta_p + 0,5, \quad (3.16)$$

где  $\Delta_p$  – запас высоты предохранительного откоса над уровнем русла.

Т а б л и ц а 3 . 1 3

Значения  $\Delta_p$

$(L_{\text{укр}}/d)\text{tg}\alpha$ или $(L_{\text{укр}}/b)\text{tg}\alpha$	0	1	2	3	4	5	8	10
$\Delta_p/H$	1,55	0,98	0,78	0,65	0,59	0,54	0,45	0,40

Примечания: 1.  $\alpha$  – угол растекания (град), равный для раструбных оголовков 40 град, для малых мостов 45 град.

2.  $H$  – глубина воды перед сооружением (подпор), м.

Принимается, что толщина укрепления у выходного оголовка  $s_0$  на длине  $0,25L_{\text{укр}}$  в 2,5 раза больше, чем толщина укрепления  $s$  на остальном протяжении ( $s \geq 0,1$  м). Ширина укрепления откосов  $B_{\text{отк}}$ , м, насыпи рассчитывается в зависимости от средней высоты укрепляемой части насыпи:

$$B_{\text{отк}} = h_{\text{уз}} \sqrt{1 + m^2}.$$

Площадь укрепления откосов насыпи  $F_{\text{он}}$ , м<sup>2</sup>, составляет:

$$F_{\text{он}} = 4l_{\text{укр}} B_{\text{отк}}, \quad (3.17)$$

где  $l_{\text{укр}}$  – длина зоны укрепления откоса в одну сторону от трубы (м), принимается  $l_{\text{укр}} = 2-3$  м.

Т а б л и ц а 3 . 1 4

Допускаемые скорости течения воды при укреплении русла

Тип укрепления	Допускаемая скорость, м/с	Тип укрепления	Допускаемая скорость, м/с
Засев травой	0,8	Укрепленный грунт толщиной: 5 см 10 см	1,0 2,5
Одерновка плашмя	1,0		
Одерновка в стенку	1,8		
Одиночное мощение камнем на щебне 15...25 см	2,5...3,5	Бетон низких марок	4...6
Двойное мощение камнем 15...25 см	3,5...4,5	Бетонные плиты	5...7
		Перепады	более 5

### Пример 3.1

Определить параметры водопропускных круглых труб при следующих исходных данных:

- ✓ дорожно-климатическая зона проложения трассы III, ливневой район 6, лесостепная зона Европейской части территории РФ;
- ✓ равнинный рельеф местности; грунт – супесь; 20 % площади водосборного бассейна покрыто лесом; озера и болота отсутствуют.

#### Решение

1. Расчетный расход ливневых вод  $Q_{л}$ , м<sup>3</sup>/с:

$$Q_{л} = 16,7 K \alpha_{ч} \alpha \varphi F,$$

где  $\alpha_{ч}$  – интенсивность ливня часовой продолжительности. Для 6-го ливневого района и вероятности превышения ПВ=2 %  $\alpha_{ч}=0,89$  мм/мин (см. табл.3.1);

$F$  – площадь водосборного бассейна, км<sup>2</sup>, принимаемая по топографической карте,  $F=5$  км<sup>2</sup> (условно);

$K$  – коэффициент приведения интенсивности ливня часовой продолжительности к расчетной. Для 6-го ливневого района при  $F=5$  км<sup>2</sup>  $K=1,05$  (см. табл.3.2);

$\alpha$  – коэффициент потерь стока. Для супесей при  $F=5$  км<sup>2</sup>  $\alpha=0,20-0,55$  (см. табл.3.3). Принимаем  $\alpha=0,30$ ;

$\varphi$  – коэффициент редукации стока. Для  $F=5$  км<sup>2</sup>  $\varphi=0,42$  (см.табл. 3.4).

С учетом приведенных значений:

$$Q_{л} = 16,7 \cdot 1,05 \cdot 0,89 \cdot 0,30 \cdot 0,42 \cdot 5 = 9,83 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Расчетный расход талых вод  $Q_{т}$ , м<sup>3</sup>/с:

$$Q_{т} = F K_0 h_p \delta_1 \delta_2 / (F+1)^n,$$

где  $F=5$  км<sup>2</sup> – площадь водосбора;

$K_0=0,02$  – коэффициент дружности половодья для лесостепной зоны Европейской части территории РФ (табл. 3.6);

$h_p$  – расчетный слой стока воды, мм,

$$h_p = h_{ср} \cdot K_m;$$

здесь  $h_{ср}$  – средний многолетний слой стока. Для 6-го ливневого района при равнинном рельефе местности

$$h_{ср} = 0,9 \cdot 90 = 81 \text{ мм},$$

где 0,9 – поправочный коэффициент на рельеф местности (равнинный рельеф);

90 мм – средний слой стока талых вод, принятый по прил. 7;

$K_m$  – модульный коэффициент (см. табл. 3.5). Для 6-го ливневого района коэффициент вариации  $C_v=0,5$  (прил. 8), поправочный коэффициент на  $C_v$ , учитывающий площадь водосборного бассейна,

1,25; коэффициент асимметрии  $C_s$  для равнинных районов местности  $C_s=2C_v$ ; Коэффициент превышения ПВ=2 %;

откуда  $K_M=2,32 \cdot 1,25=2,9$ ;  $h_p=81 \cdot 2,9=235$  мм;

$\delta_1=1,0$  – коэффициент, учитывающий наличие в водосборном бассейне озер (условно отсутствуют);

$\delta_2$  – коэффициент, учитывающий наличие в водосборном бассейне лесов и болот (см. табл. 3.7). Примем (условно) площадь лесов  $F_{л}=0,2F$ , болота отсутствуют, тогда

$$\beta = 5F_{л} + \frac{10F_{б}}{F} + 1 = 5 \cdot \frac{0,2F}{F} + 1 = 2; \quad \delta_2 = 0,76;$$

$n = 0,25$  – показатель степени для лесостепной Европейской территории РФ (см. табл. 3.6).

С учетом приведенных значений

$$Q_T = 5 \cdot 0,02 \cdot 235 \cdot 1,0 \cdot 0,76 / (5+1)^{0,25} = 11,38 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3. Расчетный расход воды с водосборного бассейна.

Так как расход ливневых вод  $Q_{л}$  меньше расхода талых вод  $Q_T$ , аккумуляцию воды перед водопропускными трубами не предусматриваем.

Принимаем расчетный расход воды  $Q_p = Q_T = 11,38 \text{ м}^3/\text{с}$ .

4. Выбор водопропускных труб.

Принимаем железобетонные круглые трубы при безнапорном режиме работы ( $H < 1,2d$ ).

Ориентируясь на гидравлические характеристики типовых круглых труб (табл. 3.11), делаем вывод, что расчетный расход воды с водосборного бассейна  $Q_p = 11,38 \text{ м}^3/\text{с}$  может быть обеспечен одним из следующих вариантов:

а) Три трубы диаметром  $d=1,5$  м с раструбными оголовками и коническими входными звеньями. Глубина воды перед трубами  $H=1,74$  м. Скорость воды в трубах  $V_c=3,80$  м/с. Пропускная способность одной трубы  $Q=3,90 \text{ м}^3/\text{с}$ . Пропускная способность трех труб  $Q_{\Sigma}=3 \cdot 3,90 = 11,70 \text{ м}^3/\text{с}$ . Отклонение  $Q_{\Sigma}$  от  $Q_p$  составляет:

$$\Delta Q = \frac{Q_{\Sigma} - Q_p}{Q_p} \cdot 100 = \frac{11,70 - 11,38}{11,38} \cdot 100 = 2,8 \%,$$

что допустимо.

б) Четыре трубы диаметром  $d=1,25$  м с раструбным оголовком и коническим входным звеном. Глубина воды перед трубами  $H=1,29$  м. Скорость воды в трубах  $V_c=3,0$  м/с. Пропускная способность одной трубы  $Q=2,80 \text{ м}^3/\text{с}$ . Пропускная способность четырех труб  $Q_{\Sigma} = 2,80 \cdot 4 = 11,20 \text{ м}^3/\text{с}$ . Отклонение  $Q_{\Sigma}$  от  $Q_p$  составляет:

$$\Delta Q = \frac{Q_{\Sigma} - Q_p}{Q_p} \cdot 100 = \frac{11,20 - 11,38}{11,38} \cdot 100 = -1,6 \%,$$

что не допустимо.

в) Две трубы диаметром  $d=2,0$  м с раструбными оголовками и коническими входными звеньями. Глубина воды перед трубами  $H=1,65$  м. Скорость воды в трубах  $V_c=3,40$  м/с. Пропускная способность одной трубы  $Q=5,50$  м<sup>3</sup>/с. Пропускная способность двух труб  $Q_\Sigma=2 \cdot 5,50=11$  м<sup>3</sup>/с. Отклонение  $Q_\Sigma$  от  $Q_p$  составляет:

$$\Delta Q = \frac{Q_\Sigma - Q_p}{Q_p} \cdot 100 = \frac{11,0 - 11,38}{11,38} \cdot 100 = -3,3 \%,$$

что допустимо.

Оптимальный вариант выбирается при проектировании продольного профиля дороги с учетом наличия постоянных и временных водотоков и рельефа местности.

5. Минимально допустимая высота насыпи  $H_n$  (м) в месте устройства труб:

$$H_n = d + \delta + \Delta,$$

где  $d$  – диаметр трубы, м;

$\delta$  – толщина стенки трубы, м (см. табл.3.12);

$\Delta = 0,5$  м – запас высоты над трубой.

Для труб диаметром  $d = 1,5$  м

$$H_n = 1,5 + 0,16 + 0,50 = 2,16 \text{ м};$$

Для труб диаметром  $d = 2,0$  м

$$H_n = 2,00 + 0,24 + 0,50 = 2,74 \text{ м}.$$

6. Определение и назначение параметров труб и укрепление русла. Длина трубы, количество звеньев, параметры оголовков, а также тип, ширина и длина укрепления русла перед и за трубой определяются после построения проектной линии дороги, уточнения величины рабочей отметки насыпи у трубы и разработки поперечного профиля земляного полотна дороги.

### 3.3. Определение основных параметров малых железобетонных мостов

Мост – искусственное сооружение, которое состоит из опорных строений, расположенных на определенном расстоянии друг от друга и пролетных строений, перекрывающих пространство между опорными строениями и служащих основанием для укладки настила. Мосты устраивают вместо земляного полотна на участках, где устройство земляного полотна невозможно или экономически нецелесообразно. Мосты устраивают в местах пересечения дорогой водотоков (постоянных и временных) для обеспече-



ния беспрепятственного пропуска воды с одной стороны дороги на другую и сохранности дорожных конструкций и сооружений.

Пролетные строения мостов, выполняемые из сборных железобетонных или стальных балок, поверху объединяют монолитными или сборными железобетонными плитами, на которые укладывают настил. Между смежными пролетными строениями, выполненными из железобетона или металла, обязательно устраиваются деформационные швы. Для обеспечения нормальной работы балок или ферм крайних пролетных строений укладывают шкафные блоки, которые непосредственно контактируют с грунтом земляного полотна или основанием дорожной одежды. Между шкафными блоками и пролетными строениями устраивают деформационные швы. Для обеспечения плавного въезда на мост и съезда с него в теле земляного полотна в пределах проезжей части под углом к поверхности моста укладывают переходные железобетонные плиты, причем так, чтобы конец плиты, упирающейся в шкафной блок, был выше. На протяжении участка переходных плит конструкция дорожной одежды плавно изменяет свои параметры до параметров настила на мосту.

Опорные строения мостов – железобетонные или стальные колонны или каменные (бетонные, бутобетонные) массивные строения, опирающиеся на фундаменты или железобетонные столбы, заделанные в грунт. Колонны и столбы поверху объединяют ригелями, на которые укладывают подферменники, служащие опорами балок или ферм пролетных строений. Фундаменты опорных строений выполняются свайными с объединением свай поверху ростверком или в виде массивных бетонных, бутобетонных или бутовых строений на естественном или искусственном основании.

Крайние опорные строения моста (первая и последняя опоры) называются береговыми опорами или устоями, а все остальные опоры – промежуточными. В зависимости от конструкции устоев мосты бывают: с устоями необсыпного типа или с устоями в виде обратных стенок; с устоями обсыпного типа или с устоями в виде конусов. Устои необсыпного типа представляют собой массивные трехсторонние короба, выполняемые из бетона, бутобетона или камня и опирающиеся на фундаменты. Короб имеет три стены: переднюю и две боковые. Передняя стена служит опорой пролетного строения. Устои необсыпного типа целесообразно применять при небольшой высоте моста (до 2,5...3 м).

Устои в виде конусов представляют собой опорное строение в виде колонн или столбов, объединенных поверху ригелем. Устой засыпают дренирующим грунтом до середины ригеля.

На автомобильных дорогах широкое распространение получили балочные мосты, как наиболее простые по конструкции и изготовлению. Они могут быть однопролетными и многопролетными.

Балочный мост (рис. 3.2) состоит из одного или нескольких пролетных строений 2, поддерживающих проезжую часть дороги. Пролетные строе-

ния опираются на береговые устои 1 и 3 и промежуточные опоры 4. У однопролетного моста промежуточных опор нет. Расстояние  $l_0$  между внутренними гранями опор называется пролетом в свету. Суммарная ширина пролетов в свету  $\sum l_0$ , равная свободной ширине зеркала воды под мостом на уровне высоких вод (УВВ), называется отверстием моста. Расстояние  $h$  от самой нижней точки пролетного строения до поверхности проезжей части называется строительной высотой пролетного строения моста. Расстояние  $H_1$  от поверхности проезжей части на мосту до уровня самых низких вод – уровня меженных вод (УМВ) – называется высотой моста. Свободной высотой под мостом  $H_2$  принято считать расстояние от низа пролетного строения до уровня высоких вод.

В зависимости от размера водопропускного отверстия  $\sum l_0$  мосты разделяются на три группы: малые ( $\sum l_0 \leq 30$  м, площадь водосбора  $F$  не превышает  $100 \text{ км}^2$ ); средние ( $30 < \sum l_0 \leq 100$  м,  $F > 100 \text{ км}^2$ ); большие ( $\sum l_0 > 100$  м или длина главного пролета  $30$  м и более).

Габарит моста обозначается буквой «Г» и числом, указывающим ширину проезжей части на мосту в метрах, например Г– 9+2 х 0,75 – ширина проезжей части на мосту 9 м, 2 тротуара по 0,75 м; Г– (10+2,5+10)+2 х 1 – две проезжие части шириной по 10 м с разделительной полосой шириной 2,5 м, 2 тротуара по 1 м.

Мост рассчитывается по схеме водослива с широким порогом. Возможны две схемы расчета: при свободном и несвободном истечении. Схема расчета моста определяется соотношением бытовой глубины потока  $h_b$  и критической глубины  $h_{кр}$ . Если  $h_b \leq 1,3h_{кр}$ , то расчет ведется по схеме свободного истечения, а при  $h_b > 1,3h_{кр}$  – по схеме несвободного истечения.

Критическая глубина потока, м:

$$h_{кр} = V_c^2 / g, \quad (3.18)$$

где  $V_c$  – скорость протекания воды в сооружении (м/с), которая выбирается в зависимости от принимаемого укрепления русла по табл. 3.14 (табличное значение скорости уменьшается в 1,5 раза);

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

Бытовая глубина  $h_b$  определяется методом подбора и в первом приближении может быть рассчитана по формуле

$$h_b = km^3 \sqrt[3]{Q_p / (m_1 + m_2) \sqrt{i_{л}}}, \quad (3.19)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий форму русла: при треугольном поперечном сечении русла  $k=1$ , при трапецеидальном –  $k=0,7 \dots 0,9$ ;

$m$  – коэффициент шероховатости русла (для частично заросших и слабоизвилистых русел 0,55; для заросенных и заросших водотоков 0,61);

$Q_p$  – расчетный расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$m_1, m_2$  – коэффициенты заложения откосов лога;

$i_{л}$  – уклон дна лога.

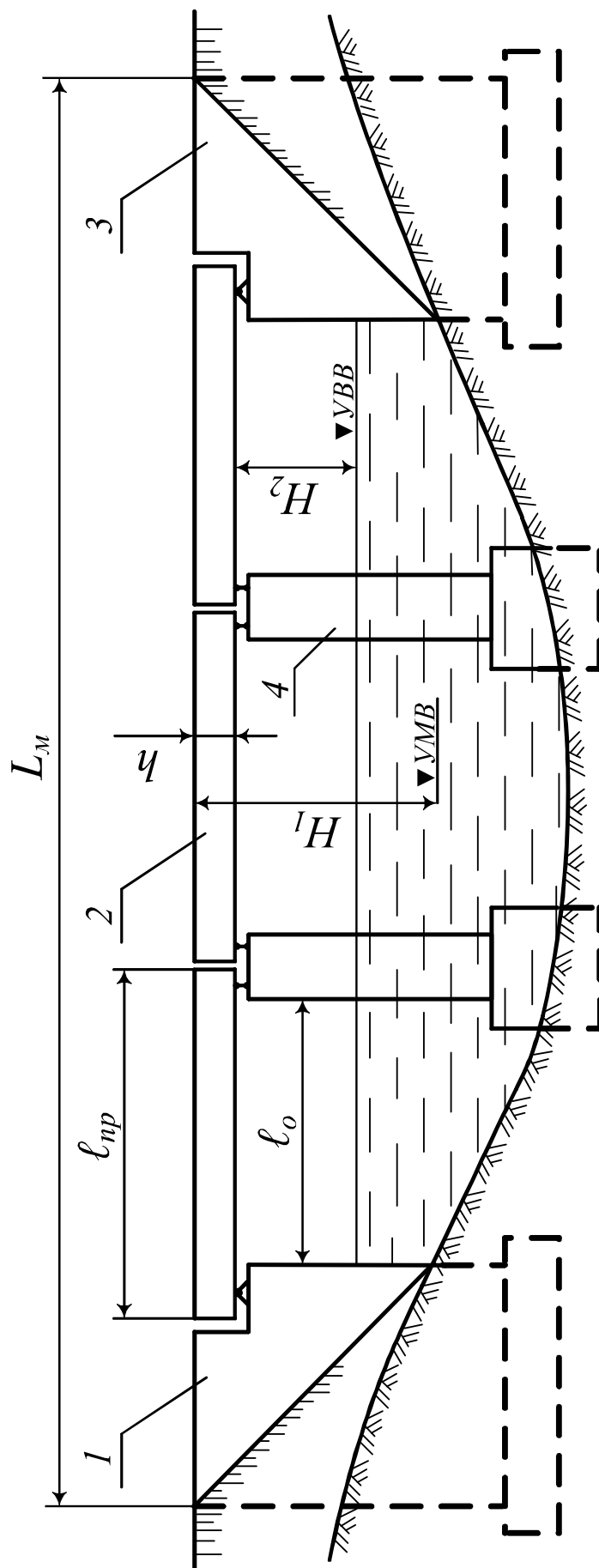


Рис. 3.2 Схема балочного моста  
 1,3 – береговые устои; 2 – пролетное строение; 4 – промежуточная опора; УВВ – уровень высоких вод;  $L_M$  – длина моста;  $l_0$  – пролет в свету;  $H_1$  – свободная высота под мостом;  $h$  – строительная высота пролетного строения.

Крутизна откосов лога  $1:m_1$  и  $1:m_2$  и уклон дна лога у сооружения  $i_{\text{л}}$  устанавливаются по топографической карте или в процессе изысканий на местности.

В зависимости от  $h_{\text{Б}}$  рассчитывают площадь живого сечения потока  $\omega$ ,  $\text{м}^2$ , смоченный периметр  $p$ , м, и гидравлический радиус  $r$  (при трапецидальном сечении русла):

$$\omega = h_{\text{Б}} \{ b_{\text{л}} + 0,5h_{\text{Б}} (m_1 + m_2) \};$$

$$p = b_{\text{л}} + h_{\text{Б}} \left( \sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2} \right); \quad (3.20)$$

$$r = \omega/p,$$

где  $b_{\text{л}}$  – средняя ширина лога по дну, м.

Бытовая скорость потока  $V_6$  вычисляется по формуле

$$V_6 = G \sqrt{i_{\text{л}}}, \quad (3.21)$$

где  $G$  – скоростная характеристика потока, принимаемая по табл. 3.15.

Т а б л и ц а 3 . 1 5

Значения скоростной характеристики  $G$

Гидравлический радиус $r$ , м	Значение скоростной характеристики $G$ при коэффициенте шероховатости русла				
	0,025	0,030	0,033	0,040	0,050
1	2	3	4	5	6
0,10	7,10	5,54	5,60	4,45	3,36
0,12	8,14	6,36	6,40	5,10	3,86
0,14	9,15	7,19	7,15	5,74	4,36
0,16	10,1	7,987	7,90	6,32	4,86
0,18	11,0	8,76	8,60	6,90	5,75
0,20	12,0	9,54	9,27	7,50	6,19
0,22	12,9	10,2	9,95	8,04	6,62
0,24	13,7	10,9	10,6	8,57	6,80
0,26	14,5	11,7	11,2	9,12	7,04
0,28	15,4	12,3	11,9	9,60	7,47
0,30	16,2	13,1	12,5	10,4	7,88
0,32	17,0	13,7	13,1	10,7	8,27
0,34	17,8	14,4	13,7	11,2	8,67
0,36	18,6	15,0	14,2	11,7	9,05
0,38	19,3	15,6	14,8	12,1	9,46
0,40	20,2	16,3	15,4	12,6	9,85
0,45	21,9	17,9	16,9	13,8	10,8
0,50	23,8	19,4	18,1	14,9	11,7

Окончание табл. 3.15

1	2	3	4	5	6
0,55	25,6	20,8	19,4	16,0	12,6
0,60	27,3	22,4	20,6	17,0	13,5
0,65	29,0	23,8	22,0	18,1	14,3
0,70	30,6	25,1	23,2	19,2	15,2
0,75	32,2	26,6	24,3	10,2	16,0
0,80	33,9	28,8	25,4	21,2	16,8
0,85	35,4	29,4	26,7	22,2	17,7
0,90	37,0	30,8	27,8	23,1	18,4
0,95	38,5	32,1	28,9	24,1	19,2
1,00	40,0	33,3	30,0	25,0	20,0

Примечание. Значение коэффициента шероховатости: 0,025 – для естественных земляных русел (чистых и прямых); 0,033 – для периодических водотоков при хорошем состоянии поверхности лога; 0,04 – для сравнительно чистых русел; 0,05 – для заросших русел.

Бытовой расход  $Q_B$ , м<sup>3</sup>/с, определяется по формуле

$$Q_B = \omega V_6. \quad (3.22)$$

Если выполняется условие  $0,95Q_p \leq Q_B \leq 1,05Q_p$ , то бытовая глубина  $h_B$  выбрана верно; если это условие не выполняется, то  $h_B$  увеличивается (при  $Q_B < Q_p$ ) или уменьшается (при  $Q_B > Q_p$ ) и расчет по формулам (3.20), (3.21), (3.22) производится заново.

Расчетная глубина потока  $H$ , м, перед мостом (подпор) равна:

а) при схеме свободного истечения

$$H = 1,46 V_c^2 / g; \quad (3.23)$$

б) при схеме несвободного истечения

$$H = h_6 + V_c^2 / 2g\varphi^2, \quad (3.24)$$

где  $\varphi$  – коэффициент скорости, равный: 0,9 – для устоев с конусами и 0,75 – для необсыпных устоев.

Отверстие моста  $\sum l_0$ , м, рассчитывается по формулам:

а) при схеме свободного истечения

$$\sum l_0 = Q_p / 1,33 \sqrt{H^3}; \quad (3.25)$$

б) при схеме несвободного истечения

$$\sum l_0 = Q_p / h_6 V_c. \quad (3.26)$$

Высота моста

$$H_1 = 0,88H + H_2 + h, \quad (3.27)$$

где  $H_2$  – возвышение низа пролетных строений над подпертым горизонтом воды, м, принимается для малых мостов 0,5...1,0 м;

$h$  – строительная высота пролетного строения, м, которая зависит от длины пролета.

Бровка земляного полотна на подходах к малым мостам и трубам должна возвышаться над расчетным горизонтом воды, с учетом подпора, не менее чем на 0,5 м при безнапорном режиме работы сооружения и не менее чем на 1 м при напорном и полунанпорном режимах.

Необходимая длина пролетов моста при устройстве моста на горизонтальной площадке:

а) при береговых устоях необсыпного типа

$$\sum l_{\text{пр}} = \sum l_0 + \sum d_e + 2d_6 - \sum a_i; \quad (3.28)$$

б) при береговых опорах с конусами

$$\sum l_{\text{пр}} = \sum l_0 + \sum d_e + 2m_{\text{кон}}(H_1 - h - 0,5t - h_p) + q - \sum a_i, \quad (3.29)$$

где  $\sum l_0$  – отверстие моста, м;

$d_e$  – ширина промежуточной опоры, м, равна 0,35...0,60 м;

$d_6$  – длина участка опирания балки на устой и ширина шва между крайним пролетным строением и шкафным блоком, которые в сумме равны 0,35–0,65 м;

$a_i$  – ширина  $i$ -го зазора (между балками, между балками и шкафными блоками), равная 0,05...0,1 м;

$m_{\text{кон}}$  – коэффициент заложения откоса конуса, равный 1,5...2,0;

$H_1$  – высота моста, м;

$h$  – строительная высота пролетного строения моста, м;

$t$  – высота ригеля, м;

$q$  – ширина ригеля, м;

$h_p$  – расчетная глубина потока, м, которая равна:  $h_6$  – для схемы свободного истечения бытовой глубине и  $0,5h_6$  – для схемы несвободного истечения потока.

В зависимости от необходимой длины пролетов моста  $\sum l_{\text{пр}}$  и принятого количества пролетов  $n$  выбирается стандартная длина балки пролетного строения. Стандартные длины балок пролетных строений  $l_{\text{пр}}$  малых мостов: 6; 9; 12; 15; 18; 21; 24 м.

С учетом принятых стандартных длин балок пролетных строений  $l_{\text{пр}}$  уточняется суммарная длина пролетов  $\sum l_{\text{пр}}$  и определяется из уравнений (3.28), (3.29) фактическое отверстие моста  $\sum l'_0$ . Уточняют скорость течения воды в сооружении  $V_{\text{факт}}$ , м/с, и подпор  $H$ , м:

а) при схеме свободного истечения

$$H = \sqrt[3]{Q_p / (1,33 \sum l'_0)^2}; \quad (3.30)$$

б) при схеме несвободного истечения

$$H = h_6 + V_{\text{факт}}^2 / 2g\varphi^2, \quad (3.31)$$

где  $h_6$  – бытовая глубина потока, м;

$\varphi$  – коэффициент скорости;  
 $V_{\text{фак}}$  – фактическая скорость потока, м/с,

$$V_{\text{фак}} = V_c \sum l_0 / \sum l'_0.$$

По значению  $H$  уточняется согласно формуле (3.27) высота моста  $H_1$ .

Длина моста  $L_m$ , м,

$$L_m = nl_{\text{пр}} + (n+1)a + 2l_c, \quad (3.32)$$

где  $n$  – количество пролетов моста;

$l_{\text{пр}}$  – стандартная длина балки пролетного строения, м;

$a$  – зазор между пролетными строениями,  $a = 0,05$  м;

$l_c$  – длина балки сопряжения моста с насыпью,  $l_c = 1,5 \dots 2,5$  м.

Ширина моста  $B_m$ , м,

$$B_m = B_0 + 2(b_{\text{бр}} + b_{\text{тр}} + b_{\text{огр}}),$$

где  $B_0$  – ширина проезжей части на мосту, м;

$b_{\text{бр}}$  – ширина колесоотбойных брусьев,  $b_{\text{бр}} = 0,25 \dots 0,35$  м;

$b_{\text{тр}}$  – ширина тротуаров,  $b_{\text{тр}} = 0,75 \dots 1,50$  м;

$b_{\text{огр}}$  – ширина боковых ограждений,  $b_{\text{огр}} = 0,1 \dots 0,2$  м.

Ширина проезжей части на мосту  $B_0$ , м,

$$B_0 = B + \Delta\delta, \quad (3.33)$$

где  $B$  – ширина проезжей части дороги, м;

$\Delta\delta$  – ширина полос безопасности, равная  $2 \dots 4$  м, в зависимости от категории дороги и длины моста.

Обочины на мосту не устраиваются. Отгон проезжей части устраивается в пределах земляного полотна у начала и конца моста.

Ширина насыпей автомобильных дорог  $B$  на длине не менее 10 м от начала и конца моста должна превышать расстояние между перилами моста на 0,5 м в каждую сторону. При необходимости следует производить соответствующее уширение земляного полотна. Переход от уширенного земляного полотна к нормативному надлежит выполнить на длине  $15 \dots 25$  м.

Площадь укрепления русла у входа в сооружение, под ним и на выходе сооружения  $F_{\text{укр}}$ , м<sup>2</sup>,

$$F_{\text{укр}} = \{\sum l'_0 + (n-1)d\} (B_m + 2R) + KR(L_m + 2KR), \quad (3.34)$$

где  $\sum l'_0$  – фактическое отверстие моста, м;

$n$  – количество пролетов моста;

$d$  – ширина промежуточной опоры, равная: 0,35 м – для свайных опор и 0,40 м – для опор стенок;

$B_m$  – ширина моста, м;

$R$  – радиус кривизны нижнего основания конуса, равный  $(0,75 \dots 1,50) H_H$ ;

$H_H$  – высота насыпи у конуса, м;

$K$  – коэффициент, зависящий от скорости растекания воды, равный 1,0...1,5;

$L_M$  – длина моста, м.

Длина укрепления русла после моста назначается не более  $(3...4)\sum l'_0$ .

Площадь укрепления откосов конусов  $F_{ок}$ , м<sup>2</sup>:

$$F_{ок} = \{3,14(R+r)+2(B-2r)\}l, \quad (3.35)$$

где  $R, B$  – см. выше;

$r$  – радиус кривизны верхнего основания конуса, равный  $(0,75...1,00) H_H$ , м;

$l$  – длина образующей подтапливаемой части конуса, м:

$$l = 1,2m_{кон}(h_0+0,25).$$

Укрепление откосов насыпей, примыкающих к конусам, предусматривается на длину 2–3 м, общей площадью

$$F_{он} = 4(2-3)l,$$

где  $l = 1,2m(h_{cp}+0,25)$ ;

$m$  – коэффициент заложения откосов насыпи;

$h_{cp}$  – средняя высота подтопляемой части насыпи на укрепленном участке.

#### **При выполнении курсового проекта студент:**

- принимает по варианту исходные данные для проектирования: геологические условия района проложения трассы (табл. П1.4 прил. 1), уклоны лога  $i_L$  и коэффициенты заложения склонов лога  $m_1$  и  $m_2$  у водопропускных сооружений (табл. П1.5 прил. 1);

- устанавливает: ливневый район (см. прил. 6; табл. П1.3 прил. 1); средний слой стока талых вод  $h_{cp}$  (см. прил. 7; табл. П1.3 прил. 1); коэффициент вариации слоя стока во время половодья (прил. 8; табл. П1.3 прил. 1); номер дорожно-климатической зоны района проложения трассы (см. прил. 4; табл. П1.3 прил. 1);

- определяет по топографической карте, плану трассы и исходным данным: рельеф местности; наличие в районе водосбора лесов, болот и озер; площадь водосборного бассейна;

- определяет расчетный расход воды с водосбора  $Q_p$ ;

- производит расчет водопропускных круглых труб (малых мостов).

Предпочтение следует отдать водопропускным трубам;

- выполняет рисунки спроектированных трубы (труб) и моста (при его наличии);

- составляет сводные ведомости железобетонных водопропускных труб и малых железобетонных мостов (табл. П2.3, табл. П2.4 прил. 2). Ведомости заполняются после проектирования продольного профиля и земляного полотна дороги.



## 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОГИ В ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ

Проектирование дороги осуществляется одновременно в плане и в продольном профиле. В процессе проектирования производят взаимную увязку и корректировку всех элементов плана и профиля. При этом соблюдают основные требования, которые сводятся к обеспечению безопасности и плавности движения по дороге с расчетными скоростями, устойчивости и долговечности земляного полотна и дорожной одежды, возможности выполнения наименьшего объема земляных работ, .

Проектирование продольного профиля обычно проводят в такой последовательности:

1. Построение линии поверхности земли; уточнение положения водопропускных сооружений и их изображение на графике; заполнение граф сетки "Развернутый план дороги", "Отметка земли", "Расстояние", "Пикет", "Прямая и кривая в плане", "Указатель километров".

2. Вычерчивание грунтового разреза по оси дороги.

3. Построение проектной линии дороги, определение рабочих отметок, заполнение граф сетки "Отметки бровки земляного полотна", "Уклон и вертикальная кривая".

Одновременно с проектированием продольного профиля разрабатывают систему дорожного водоотвода, проектируют земляное полотно дороги в поперечном профиле, пересечения и примыкания дорог. После чего заполняют остальные графы сетки и окончательно оформляют продольный профиль.

### 4.1. Изображение продольного профиля дороги

Продольный профиль (рис. 4.1) представляет собой чертеж с условным изображением вертикального разреза поверхности земли и полотна дороги вдоль ее оси. Он является одним из основных документов для строительства дороги, определяющим положение бровки земляного полотна относительно поверхности земли, величину продольных уклонов отдельных участков дороги и другие необходимые данные.

При вычерчивании продольного профиля должны использоваться условные обозначения, приведенные на рис. 4.2.

Продольный профиль вычерчивают на листах формата А3 (297х420 мм) по 3 и 5 км на каждом листе участками, кратными десяти пикетам.

Продольный профиль следует составлять по возможности в абсолютных отметках. На последнем листе продольного профиля указывается, в каких отметках составлен профиль. Если продольный профиль составляется в условных отметках, то указывается порядок их перевода в абсолютные.

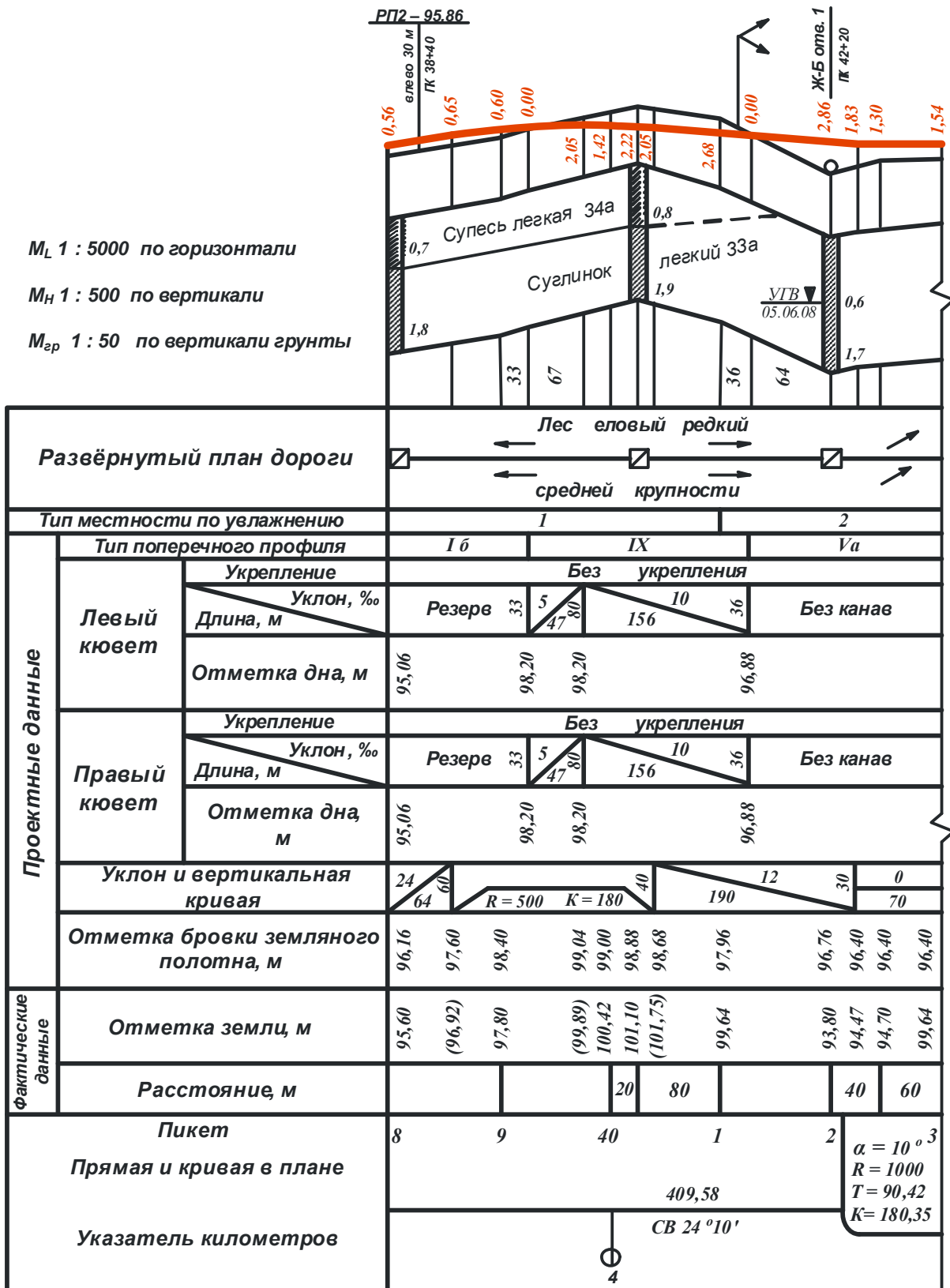


Рис. 4.1. Продольный профиль участка автомобильной дороги

Масштабы изображения продольного профиля на чертежах:

- основной – по горизонтали 1:5000, по вертикали 1:500, грунты 1:50;
- допускаемый – по горизонтали 1:2000, по вертикали 1:200, грунты 1:200, 1:100.

На рис. 4.2 представлены следующие обозначения: 1 – репер № 7, отметка 537,211, расположен в 30 м вправо от ПК 17+65; 2 – автомобильные съезды и переезды: а – съезд по типовому проекту II-а влево в 98 м от предыдущего пикета; б – переезд по типовому проекту I-а в 60 м от пикета; 3 – железнодорожные переезды: а – неохраняемый переезд на расстоянии 27 м от пикета; б – охраняемый переезд на расстоянии 83 м от пикета; цифры над флажками указывают категорию переезда; 4 – водоотвод: а – направление нагорной канавы и ее протяжение; б – сброс воды влево; с – сброс воды вправо; 5 – вертикальные кривые: а – выпуклая вертикальная кривая с восходящей и нисходящей ветвями; б – выпуклая кривая с нисходящей ветвью; в – вогнутая вертикальная кривая с нисходящей и восходящей ветвями, середина кривой расположена на пикете; г – вогнутая кривая с восходящей ветвью; д – переход в точке +10 м выпуклой кривой радиуса 6000 м в вогнутую кривую радиуса 3000 м на уклоне 30 ‰; середина кривой расположена в 25 м от пикета; 6 – пикетаж: а – промежуточная точка на ПК 6+65; б – рубленный пикет длиной 90 м с промежуточными точками на ПК 6+30 и ПК 6+50; 7 – километровые знаки: а – километровый знак проектируемой дороги; б – километровый знак на существующей дороге, подвергаемой реконструкции; 8 – кривые в плане: а – кривая № 5 с радиусом 500 м при угле поворота 26°24'; поперечный уклон виража 40 ‰, длина переходной кривой – 40 м, начало и конец кривой расположены соответственно на плюсовых точках +13 и +10 м; б – кривая при угле поворота влево менее 5°; 9 – местоположение искусственных сооружений: а – проектируемый железобетонный мост длиной 16 м; б – существующий железобетонный мост длиной 20 м; 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; 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 1,85 м в суглинистом грунте, грунтовые воды, по наблюдениям 21 мая 1977 г., на глубине 1,10 м (ширина колонки на профиле 6 мм); б – шурф в пылеватом суглинке, углубленный буровой скважиной до 4,00 м; граница оглеения на глубине 0,60 м; в – скважина глубиной 8,10 м (ширина колонки на профиле 2 мм); г – то же, скважина при обозначении консистенции грунтов;

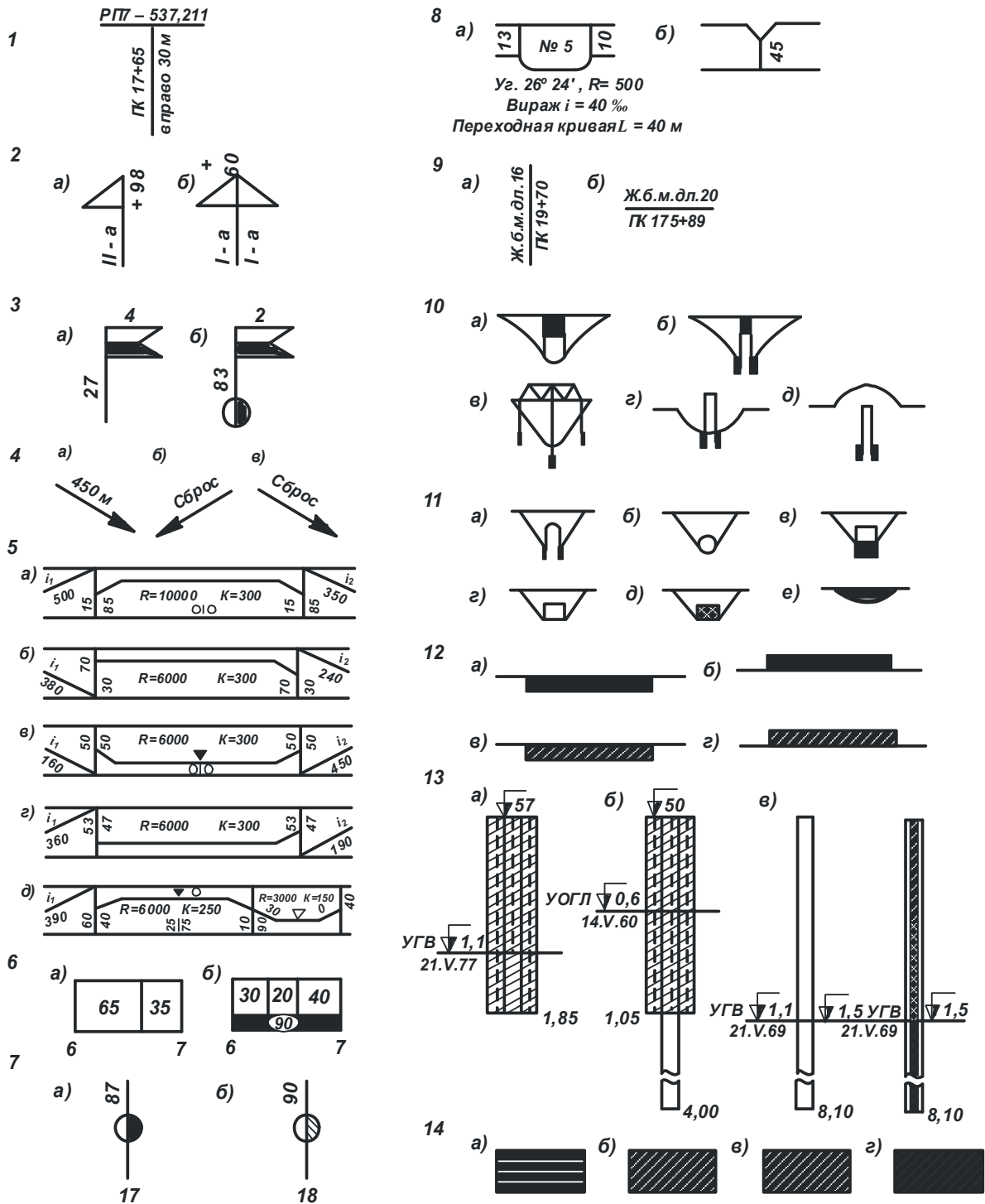


Рис. 4.2. Условные обозначения для продольных профилей автомобильных дорог

14 – обозначение консистенции связных грунтов и влажности несвязных грунтов в буровых скважинах на инженерно-геологических паспортах мостовых переходов: а – слабовлажные песчаные грунты и твердые связные грунты; б – слабовлажные песчаные грунты и тугопластичные связные грунты; в – очень влажные песчаные грунты и мягкопластичные связные грунты; г – водонасыщенные песчаные грунты и текучие связные грунты.

Масштабы изображения продольного профиля указывают над боковым вином таблицы (сетки).

Направление пикетажа на листах профиля должно соответствовать направлению пикетажа на листах плана трассы. При этом для удобства работы строителей и проектировщиков желательно направление пикетажа соблюдать слева направо.

Верхнюю часть профиля называют графиком, а нижнюю – сеткой.

Сетка продольного профиля состоит из 16 граф определенной ширины (рис. 4.3), которые заполняются различными данными и сведениями. Наименование каждой графы показано с левой стороны сетки. Длина горизонтальных линий сетки принимается в зависимости от длины трассы.

На графике продольного профиля показывают:

- линию фактической поверхности земли по оси автомобильной дороги ("черная линия"), линии ординат от точек ее переломов и линию проектируемой бровки земляного полотна ("красная линия");

- разведочные геологические выработки (скважины, шурфы), влажность и консистенцию слоев грунта (условным обозначением), отметки уровня грунтовых вод с датой замера;

- наименования слоев грунта и номера их групп (например, суглинок 33а, песок 27б) в соответствии с классификацией грунтов по трудности разработки.

Выше проектной линии наносят и указывают: реперы; надземные и наземные инженерные сети; наименования проектируемых искусственных сооружений; транспортные развязки; съезды; переезды через железнодорожные пути; нагорные и водоотводные каналы, сбросы воды; водораздельные дамбы; рабочие отметки насыпи.

Ниже проектной линии наносят и указывают: линии ординат от точек переломов проектной линии; рабочие отметки выемок; обозначения искусственных сооружений и наименования существующих искусственных сооружений; подземные инженерные сети.

Сетка продольного профиля включает следующие графы.

Графа 1 – «Развернутый план дороги». В данной графе проводится линия, показывающая проектируемую дорогу. Указывают ситуацию вдоль трассы – лес, болота, пашня, луг, пересекаемые дороги, водотоки, направление стока поверхностных вод (стрелками); положение разведочных геологических выработок (шурфов и скважин). Для городских дорог показывают красную линию. При реконструкции изображают существующую дорогу.

			Развёрнутый план дороги	20	175
			Тип местности по увлажнению	5	
Проектные данные	Тип поперечного профиля			5	
	Левый кювет	Укрепление		5	
		Уклон, ‰		10	
		Длина, м		15	
		Отметка дна, м		15	
	Правый кювет	Укрепление		5	
		Уклон, ‰		10	
		Длина, м		15	
		Отметка дна, м		15	
	Уклон и вертикальная кривая				
Отметка бровки земляного полотна, м				15	
Фактические данные	Отметка земли, м			15	
	Расстояние, м			10	
Пикет			5		
Прямая и кривая в плане			10		
Указатель километров			20		
10	25	40			
75					

Рис. 4.3. Сетка продольного профиля

Графа 2 — «Тип местности по увлажнению». Указывается номер типа местности по признакам увлажнения верхних слоев грунта в соответствии с принятой классификацией (см. прил. 8).

Графа 3 — «Тип поперечного профиля земляного полотна». Указывается номер типа поперечного профиля конструкции земляного полотна в соответствии с чертежами поперечных профилей дороги. Заполняется после выбора конструкции земляного полотна.

Графы 4–9 — «Левый кювет», «Правый кювет» заполняются в процессе проектирования. В них указывают: вид укрепления кюветов (без укрепления, одерновка, мощение и т.д.); длину и уклон отдельных участков кюветов; привязку переломов кюветов к пикетам; проектные отметки дна кюветов по оси.

Графа 10 — «Уклон и вертикальная кривая». В этой графе показывают элементы проектной линии: прямые и вертикальные кривые, а также привязки к пикетам точек изменения характера проектной линии: начало и конец вертикальных кривых, переломы проектной линии. Прямые изображают в виде отрезков с характерным уклоном, над которыми записывают уклон данного элемента проектной линии в ‰, а под отрезком — его длину в м. Для вертикальных кривых указывают значения: радиуса, длины кривой, биссектрисы. Вертикальные кривые обозначаются условными знаками. Данная графа заполняется при проектировании продольного профиля дороги (нанесении проектной линии).

Графа 11 — «Отметка бровки земляного полотна». Указываются проектные отметки бровки земляного полотна, рассчитанные при нанесении проектной линии для всех характерных точек: пикеты, плюсовые точки, точки изменения характера проектной линии.

Графа 12 — «Отметка земли». Указываются фактические отметки естественной поверхности земли по оси дороги, которые определяют по горизонталям методами интерполяции или экстраполяции или по результатам геометрического нивелирования трассы. В проектах реконструкции дорог в этой графе показываются интерполированные отметки подошвы насыпи или бровки выемки существующей дороги, в проектах реконструкции городских дорог — отметки оси проезжей части существующей автомобильной дороги.

Графа 13 — «Расстояние». Показываются расстояния между пикетами и плюсовыми точками, цифрами указывают расстояние от плюсовой точки до соседних пикетов или плюсовых точек. Отдельные участки продольного профиля с большим количеством плюсовых точек помещают в виде таблицы с указанием расстояний и отметок на том же листе, на котором изображен продольный профиль.

Графа 14 — «Пикет». Указываются номера пикетов. Пикетаж на продольном профиле дают с нумерацией между километрами от 0 до 9.

Графа 15 – «Прямая и кривая в плане». В этой графе изображают развернутый (условный) план трассы, показываются прямые вставки и кривые в условных знаках. Над прямой вставкой подписывают значение ее длины, а под ней – румб. Основные кривые правых поворотов показывают прямой горизонтальной линией, располагаемой на 5 мм выше прямых вставок, а основные кривые левых поворотов – на 5 мм ниже. Переходные кривые показывают наклонными линиями, соединяющими НК с началом основной кривой или конец основной кривой с КК. Для кривых в плане указывают следующие величины: угол поворота, радиус круговой кривой, тангенс или тангенсы, длину кривой и длины переходных кривых, привязки НК и КК к пикетам.

Графа 16 – «Указатель километров». Показывают километровые знаки и подписывают номера километров.

## 4.2. Проектирование линии поверхности земли

По топографической карте и плану трассы определяют отметки поверхности земли для всех пикетных и характерных (плюсовых) точек трассы.

Например, для участка трассы, изображенного на рис. 4.4, необходимо определить: отметки пикетных точек 1, 2, 3, 4 трассы; отметки точек  $a$ ,  $b$ ,  $d$  пересечения трассы с горизонталями; отметку дна оврага (точка  $c$ ).

Отметки точек определяют по высотным отметкам и сечению горизонталей, а также по дополнительным сведениям, приведенным на карте.

Для определения отметки какой-либо точки  $b$  (рис. 4.5), лежащей между горизонталями с отметками  $H_c$  и  $H_a$ , проводят кратчайшую прямую  $ac$  через точку  $b$  и по масштабу измеряют расстояния  $l = ac$  и  $l_1 = ab$ .

Отметка точки  $b$  определяется по зависимости

$$H_b = H_a \pm \Delta H l_1 / l, \quad (4.1)$$

где  $\Delta H = H_c - H_a$  – сечение горизонталей.

Отметки поверхности земли в плюсовых и пикетных точках заносят в ведомость высотных отметок (табл. 4.1).

Т а б л и ц а 4 . 1

Ведомость высотных отметок

Положение отметки		Отметка поверхности земли, м	Отметка проектной линии, м	Рабочая отметка, м
Пикет	Плюс			
1	2	3	4	5

Для построения линии поверхности земли («черной линии») верхнюю линию сетки принимают за условный горизонт. Высотная отметка условного горизонта выбирается так, чтобы линия поверхности земли была



выше сетки примерно на 8 см. Выше «черной линии» должно оставаться свободное место (4...6 см) для разных надписей, отметок реперов, размеров искусственных сооружений и т.п. Например, при вертикальном масштабе 1:500 и отметках поверхности земли по оси дороги около 150 м верхняя линия сетки принимается за условный горизонт с отметкой 110 м.

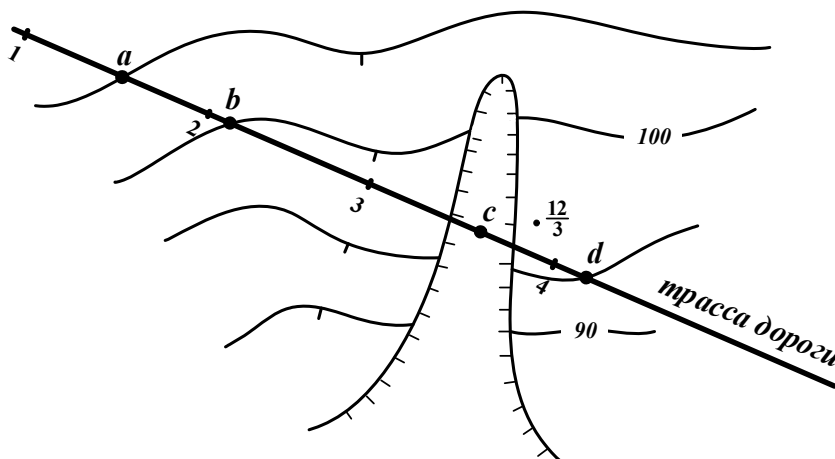


Рис. 4.4. Пикетажные и плюсовые точки участка трассы дороги

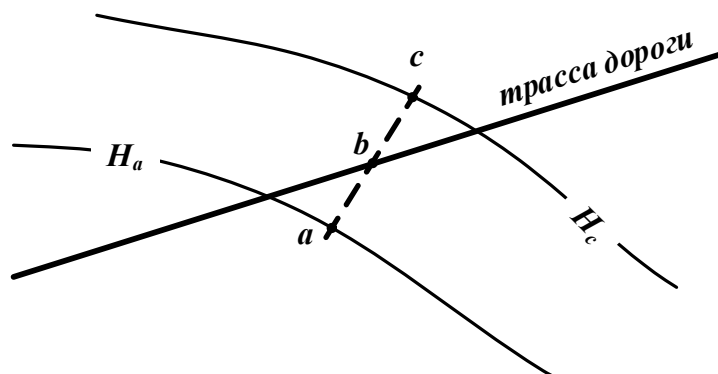


Рис. 4.5. Определение высотных отметок по плану в горизонталях

Ординаты (мм) пикетных и плюсовых точек рассчитываются по формуле

$$h = \frac{H - \text{УГ}}{M_{\text{в}}}, \quad (4.2)$$

где  $H$  – отметка земли в данной точке, м;  
 УГ – выбранный условный горизонт, м;  
 $M_{\text{в}}$  – вертикальный масштаб (1:500).

В графе "Расстояние" намечают вертикальными линиями пикеты и плюсовые точки и подписывают расстояния плюсовых точек до ближайших пикетов (см. рис. 4.1), причем сумма расстояний в пределах одного пикета должна быть равна 100 м. Цифры, указывающие эти расстояния в целых метрах, пишут вертикально. Если плюсовых точек много и трудно уместить все записи, ординаты прерывают для записи расстояний; в этом случае цифры иногда пишут в шахматном порядке. При очень большом числе плюсовых точек надписи в этой графе не делают, а вычерчивают это место выше профиля (или в стороне), увеличив горизонтальный масштаб в 2-3 раза.

Номера пикетов пишут цифрами в графе «Пикет» на 1-2 мм ниже графы «Расстояние», точно напротив границы каждого пикета. Для пикетов, кратных 10, номера выписывают полностью, а для остальных только показывают число единиц.

Километровые указатели проводят от линии пикетажа вниз в виде прямой линии длиной 12 мм с кружком диаметром 5 мм на конце, правую половину которого заливают тушью.

В графу «отметки земли» против соответствующих ординат выписывают отметки пикетных и плюсовых точек. Отметки пишут вертикально. Цифры, указывающие отметки, принимают с точностью до 1 см.

На ординатах, проведенных из пикетных и плюсовых точек, откладывают вверх от условного горизонта в масштабе соответствующие высотные отметки (за вычетом отметки условного горизонта). Ломаная линия, соединяющая полученные точки, и есть линия поверхности земли.

Ординаты проводят тонкой линией (в средней части графика ординаты обычно прерывают).

### 4.3. Размещение водопропускных сооружений

Для установления характера поверхностного стока необходимо на карте в зоне расположения запроектированной трассы стрелками указать направление стока воды. Поверхностные воды стекают вниз по рельефу, направление стока перпендикулярно горизонталям. Данные стрелки показывают, как направлены потоки, стекающие по рельефу поверхностных вод, относительно дороги. Эти стрелки переносят на «Развернутый план дороги» пояснительной сетки продольного профиля, сохраняя их ориентацию относительно дороги. Изображение характера поверхностного стока на «Развернутом плане дороги» позволяет установить, в каких местах вода притекает к земляному полотну, а в каких, наоборот, обеспечен естественный отток воды от земляного полотна, где сливаются встречные потоки вод, и требуется их пропуск через земляное полотно. Изучение поверхностного стока на участках местности, прилегающей к дороге,

необходимо для рационального размещения водоотводных и водопропускных сооружений.

Искусственные сооружения (трубы и мосты), предназначенные для пропуска воды через земляное полотно, устраиваются в местах понижения рельефа при пересечении трассой ложин (балок, оврагов), а также постоянных и временных водотоков (рек, ручьев, каналов). Местоположение и количество искусственных сооружений определяются по продольному профилю: переход поверхностных вод с одной стороны земляного полотна на другую необходимо обеспечить в местах, где линия земли изменяет спуск на подъем. Выбранные водопропускные сооружения должны обеспечить расход воды в соответствии с подразд. 3.2, 3.3.

Положение искусственных сооружений показывают на продольном профиле условными знаками. Над проектной линией против условного знака записывают характеристику сооружения: для труб – количество очков, материал, размер отверстия, пикетажное положение; для мостов – материал, длина, пикетажное положение середины моста.

Сведения о водопропускных сооружениях на проектируемой дороге отражаются в табл. П2.3 и П2.4 прил. 2.

#### 4.4. Проектирование проектной линии дороги

Для построения проектной линии дороги необходимо иметь следующие исходные данные: рекомендуемую высоту насыпи (руководящая рабочая отметка); отметки контрольных точек; отметки пикетных и плюсовых точек «черной линии»; расстояние между вершинами разноименных переломов проектной линии (шаг проектирования); допустимые и рекомендуемые продольные уклоны проектной линии; радиусы вертикальных кривых.

Наименьшую высоту насыпи определяют по формулам:

при близком стоянии грунтовых вод

$$H = h'_{\min} - h_{\text{Д}} - h_{\text{гр}}; \quad (4.3)$$

при длительном (более 20 суток) стоянии поверхностных вод

$$H = h''_{\min} - h_{\text{Д}} + h_{\text{пов}}; \quad (4.4)$$

при необеспеченном стоке поверхностных вод (равнинный рельеф местности)

$$H = h'''_{\min} - h_{\text{Д}}, \quad (4.5)$$

где  $h'_{\min}$ ,  $h''_{\min}$ ,  $h'''_{\min}$  – возвышение поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых, длительно стоящих поверхностных вод, и над поверхностью земли при необеспеченном стоке поверхностных вод;

$h_{\text{Д}}$  – толщина дорожной одежды;

$h_{\text{гр}}$  – глубина расчетного уровня грунтовых вод от поверхности земли;

$h_{\text{пов}}$  – высота стояния поверхностных вод над уровнем земли.

Предварительно (до расчета дорожной одежды)  $h_{\text{д}}$  можно принимать равной 0,4 м.

Возвышение низа дорожной одежды над расчетным уровнем грунтовых и поверхностных вод, а также над уровнем поверхности земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком воды следует принимать, как правило, не менее установленного значения (табл. 4.2).

Т а б л и ц а 4 . 2

Наименьшее возвышение низа дорожной одежды над уровнем воды и поверхности земли

Грунты земляного полотна	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды, м, для дорог, расположенных в дорожно-климатических зонах			
	I–II	III	IV	V
Песок крупный, галечниковый (щебенистый), гравийный (дресвяный) и другие грунты, обеспечивающие устойчивость во влажном состоянии	Не нормируется			
Песок и 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
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
Суглинок тяжелый, глины	2,2/1,6	1,8/1,4	1,5/1,1	1,1/0,8

П р и м е ч а н и е . Над чертой приведены значения возвышения поверхности покрытия над уровнем грунтовых или длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод, под чертой – над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут) стоящих поверхностных вод.

Наименьшую высоту насыпи для обеспечения незаносимости дороги снегом определяют по формуле

$$H = h_c + \Delta h, \quad (4.6)$$

где  $h_c$  – высота снегового покрова (при расчетной вероятности превышения 5 %);

$\Delta h$  – возвышение бровки насыпи над расчетным слоем снегового покрова:  $\Delta h = 1,2$  м – для дорог I категории; 0,7 м – II категории; 0,6 м – III категории; 0,5 м – IV категории; 0,4 м – V категории.

В районах, где расчетная высота снегового покрова  $h_c$  превышает 1 м, необходимо проверять достаточность возвышения бровки насыпи  $\Delta h$  над снеговым покровом по условию беспрепятственного размещения снега, сбрасываемого с дороги при снегоочистке, используя формулу

$$\Delta h = (0,375h_c \cdot B)/a, \quad (4.7)$$

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.

Во всех случаях наименьшая высота насыпи должна быть не менее общей толщины дорожной одежды, т.е.  $H > h_d$ .

Контрольными точками проектной линии являются: начальная и конечная точки трассы; отметки проезжей части проектируемых и используемых мостов и путепроводов; отметки бровки земляного полотна над трубами; отметки головки рельса пересекаемых железных дорог; отметки оси существующих автомобильных дорог при их пересечении с проектируемой дорогой; отметки насыпи на подходах к мостам и пересечении заболоченных участков местности.

В условиях сильно пересеченного рельефа местности более рационально наносить проектную линию по секущей, то есть чередующимися выемками и насыпями. Для уменьшения затрат при производстве земляных работ в этом случае смежные насыпи проектируются с расчетом равенства объема земляных работ с объемом выемки. При этом следует учитывать, что при равенстве на профиле площадей смежных насыпей и выемок объем грунта выемки будет на 25...30 % больше, так как при равных значениях рабочих отметок поперечное сечение выемки получается большим, чем сечение насыпи. Следует избегать проектирования мелких выемок значительной протяженности, подвергаемых снегозаносимости. При нулевых отметках и малых насыпях длинные горизонтальные участки проектировать не рекомендуется. Проектную линию в выемках необходимо назначать с уклоном не менее 5 ‰.

Проектирование продольного профиля на косогорных участках должно вестись комплексно с одновременным проектированием поперечных профилей земляного полотна. Земляное полотно дороги лучше всего размещать в полувыемке-полунасыпи с равенством площадей обеих частей при поперечном уклоне естественной поверхности земли (подошвы земляного полотна) 1:10; 1:5 (100...200 ‰), а в случае автомагистралей, имеющих две проезжие части и разделительную полосу, – 1:25; 1:5 (40...200 ‰).

При поперечном уклоне круче 1:5 (более 200 ‰) земляное полотно удобно проектировать в выемке по типу «выемка в полке».

При проектировании дорог IV, V категорий проектную линию целесообразно наносить по обертывающей как в равнинной, так и в пересеченной местности. Стоимость земляных работ при этом значительно уменьшается, а некоторое снижение средней скорости автомобилей не имеет существенного значения ввиду небольшой интенсивности движения.

При проектировании по обертывающей проектная линия наносится по возможности параллельно поверхности земли с соблюдением отметок контрольных точек и руководящей рабочей отметки. При проектировании по секущей проектная линия ориентируется только на отметки контрольных точек.

Проектную линию намечают в виде ломаной. Изломы проектной линии рекомендуется приурочивать к пикетам или плюсовым точкам.

Намечая положение проектной линии, следует избегать частых ее переломов, соответствующих микрорельефу местности. Особенно нежелательны участки с частой сменой подъемов и спусков (пилообразный продольный профиль). Вместе с тем не следует искусственно вводить длинные участки с постоянным уклоном, для устройства которых потребовалось бы выполнение излишних земляных работ. Минимальное расстояние между смежными переломами проектной линии (шаг проектирования  $l$ ) назначается в зависимости от радиусов вертикальных кривых  $R$ :

$$l = \frac{i_p (R' + R'')}{1000}, \quad (4.8)$$

где  $i_p$  – руководящий уклон, ‰;

$R', R''$  – соответственно радиусы выпуклой и вогнутой вертикальных кривых, м.

Расстояние между вершинами разноименных переломов проектной линии (шаг проектирования) принимают не менее 100 м в равнинной и пересеченной местности и 50 м – в горной. Нанесение проектной линии начинают с обозначения контрольных точек и с предварительного нанесения ее на отдельном отрезке пути длиной  $L$  (м) – с близкими по значению уклонами составляющих этот отрезок участков линии земли. Высоту насыпи в начале и конце отрезка желательно назначить равной руководящей рабочей отметке с учетом изменения рабочей отметки после вписывания вертикальных кривых, если проектная линия наносится по обертывающей. Затем рассчитывают уклон  $i$  построенного участка проектной линии и округляют его до целых ‰:

$$i = 1000 \frac{H'' - H'}{l}, \quad (4.9)$$

где  $H'', H'$  – соответственно принятые проектные отметки в конце и начале участка проектной линии длиной  $l$ , м.

Полученные значения уклонов отрезков проектной линии должны быть не более допустимых величин (см. табл. 1.6).

С учетом полученного и округленного до целых ‰ уклона  $i$  рассчитывают проектные отметки  $H$  для всех пикетов и плюсовых точек (кроме начальной) на проектируемом отрезке проектной линии

$$H_{\text{пр}} = H' \pm \frac{si}{1000}, \quad (4.10)$$

где  $s$  – расстояние от начала участка до рассматриваемой точки ( $0 < s < l$ ), м.

В формуле (4.10) знак «+» применяется, если участок проектной линии является подъемом, а знак «-» – для спуска. Все линейные параметры продольного профиля рассчитываются с точностью до 0,01 м.

Значения проектных отметок заносятся в табл. 4.1.

В процессе нанесения проектной линии заполняют две графы пояснительной сетки профиля: «Уклон и вертикальная кривая» и «Отметка бровки земляного полотна».

Рабочие отметки рассчитывают и заносят в табл. 4.1 после определения проектных отметок. Они записываются над проектной линией, если они положительные, и под проектной линией, если они отрицательные. Рабочая отметка в конкретной точке определяется как разность проектной отметки и отметки земли в данной точке. Если в процессе этой работы выясняется, что не обеспечено необходимое возвышение бровки земляного полотна при проектировании по обертывающей, то изменяют положение проектной линии путем увеличения или уменьшения продольного уклона либо сокращают протяженность  $l$  отрезка проектной линии.

При пересечении проектной линией линии земли расстояние  $a$  (м) от точки пересечения до ближайшего пикета или плюсовой точки с рабочей отметкой  $h_a$  (м) определяется по формуле

$$a = \frac{b \cdot h_a}{h_a - h_b}, \quad (4.11)$$

где  $b$  – расстояние от пикета или плюсовой точки, имеющей рабочую отметку  $h_a$ , до пикета или плюсовой точки, расположенной после точки пересечения проектной линии с линией земли и имеющей рабочую отметку  $h_b$ , м.

Построенная по вышеизложенной методике проектная линия представляет собой ломаную линию, состоящую из отрезков длиной (горизонтальное проложение)  $l$  и уклоном  $i$ .

Проектные отметки бровки земляного полотна («красной» линии) записывают в соответствующую графу сетки.

На графике вдоль проектной линии выписывают (вертикально) рабочие отметки (разницу между проектными отметками бровки земляного полотна и соответствующими отметками поверхности земли по оси дороги), определяющие высоту насыпи или глубину выемки. Рабочие отметки выписывают над проектной линией, если дорога проходит в насыпи, и под проектной линией – если дорога в выемке. Рабочие отметки насыпей пи-

шут точно против соответствующих ординат, а выемок – в разрыве ординат или слева от них. Точки нулевых работ (где проектная линия пересекает линию земли) подписывают над проектной линией.

#### 4.5. Расчет и построение вертикальных кривых

Точки, в которых проектная линия изменяет уклон, называются переломами проектной линии. Переломы проектной линии бывают выпуклые и вогнутые. Выпуклый перелом располагается выше линии, соединяющей концы сопрягаемых в этом переломе отрезков проектной линии, а вогнутый – ниже названной линии. Если сопрягаемые отрезки имеют соответственно уклоны  $i_1$  и  $i_2$ , то в точке перелома происходит изменение продольного уклона дороги на величину  $\Delta i = i_2 - i_1$  при условии, что уклоны направлены в одну сторону, и на величину  $\Delta i = i_2 + i_1$  при условии, что уклоны направлены в разные стороны. Переломы проектной линии (места изменения продольного уклона дороги) негативно отражаются на условиях движения и могут приводить к аварийным ситуациям, выпуклые переломы ограничивают видимость поверхности дороги. Величина допустимой наибольшей разности сопрягаемых уклонов  $\Delta i$  (%) при выпуклом переломе определяется по формуле

$$\Delta i = \frac{1000 \cdot d_{\text{в}}}{S_{\text{в}}}, \quad (4.12)$$

где  $d_{\text{в}}$  – уровень расположения глаз водителя над поверхностью дороги (м), принимается: для легковых автомобилей 1,2 м; для грузовых автомобилей и автобусов – 1,8 м;

$S_{\text{в}}$  – расчетное расстояние видимости поверхности дороги, м.

СНиП 2.05.02–85\* рекомендует все переломы проектной линии продольного профиля сопрягать вертикальными кривыми с целью обеспечения удобства и безопасности движения. Не следует допускать длинные прямые вставки в продольном профиле. Предельные длины их приведены в табл. 4.3. Смежные кривые в продольном профиле допускается проектировать примыкающими одна к другой без прямых вставок.

Необходимо всегда стремиться к применению максимально возможных по местным условиям и не вызывающих чрезмерного удорожания строительства радиусов вертикальных кривых.

Минимально допустимое значение радиуса вогнутой вертикальной кривой

$$R = \frac{v_{\text{р}}^2}{a_{\text{доп}}}, \quad (4.13)$$

где  $v_{\text{р}}$  – расчетная скорость движения автомобиля, м/с (см. табл. 1.5);

$a_{\text{доп}}$  – допускаемое центробежное ускорение,  $a_{\text{доп}} = 0,5 \dots 0,7 \text{ м/с}^2$ .



Таблица 4.3

## Предельные длины прямых вставок в продольном профиле

Радиус вогнутой кривой в продольном профиле, м	Наибольшая длина прямой вставки в продольном профиле (м) при алгебраической разности сопрягаемых уклонов, ‰						
	20	30	40	50	60	80	100
Для дорог I и II категорий							
4000	150	100	50	0	0	0	–
8000	360	250	20	170	140	ПО	–
12000	680	500	400	350	250	200	–
20000	–	–	850	700	600	550	–
25000	–	–	–	–	900	800	–
Для дорог III и IV категорий							
2000	120	100	50	0	0	0	0
6000	550	440	320	220	140	60	0
10000	–	–	680	600	420	300	200
15000	–	–	–	–	–	800	600

Минимально допустимое значение радиуса выпуклой вертикальной кривой

$$R = \frac{S_B^2}{d_B}, \quad (4.14)$$

где  $S_B$  – расчетное расстояние видимости поверхности дороги, м (см. табл. 1.5).

$d_B$  – уровень расположения глаз водителя над поверхностью дороги (м), принимается: для легковых автомобилей 1,2 м; для грузовых автомобилей и автобусов – 1,8 м.

Наибольшая плавность продольного профиля достигается при проектировании его из вогнутых и выпуклых кривых, непосредственно сопрягающихся друг с другом без промежуточных прямых вставок.

Вертикальные кривые следует, как правило, совмещать с кривыми в плане. Несовпадение вершин кривых допустимо не более чем на 0,25 длины наименьшей из кривых. При совпадении вершин кривых корректируют радиусы кривых в плане таким образом, чтобы они перекрывали вертикальные кривые. Желательно, чтобы длина горизонтальной кривой превышала длину выпуклой вертикальной кривой на 50...100 м.

Наилучшая плавность сочетания вогнутых вертикальных кривых с кривыми в плане достигается в тех случаях, когда радиус вертикальных кривых не менее чем в 6 раз превышает радиус горизонтальных кривых.

Количество переломов в плане и профиле должно быть по возможности одинаковым.

Так как радиусы вертикальных кривых достаточно большие, их разбивают, пользуясь приближенными формулами:

длина кривой

$$K = R \cdot (i_1 - i_2), \quad (4.15)$$

тангенс

$$T = 0,5K, \quad (4.16)$$

биссектриса

$$B = T^2 / 2R = K^2 / 8R, \quad (4.17)$$

где  $(i_1 - i_2)$  – алгебраическая разность уклонов сопрягаемых участков, взятая в виде десятичной дроби;

$R$  – радиус кривой.

Длина кривой принимается равной ее горизонтальной проекции. Порядок разбивки вертикальных кривых (рис. 4.6): от вершин угла перелома проектной линии  $BV$  откладывают по направлению биссектрисы внутреннего угла значение  $B$ , а по направлению сходящихся линий –  $T$ ; полученные три точки (начало кривой  $HK$ , середина кривой  $M$  и конец кривой  $KK$ ) соединяют круговой кривой; находят пикетажные положения начала и конца кривой ( $HK = BV - T$ ;  $KK = BV + T$ ); определяют поправки к рабочим отметкам для всех плюсовых и пикетных точек в пределах кривой.

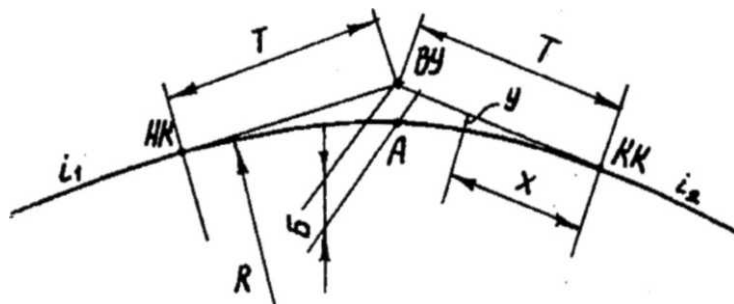


Рис. 4.6. Элементы вертикальных кривых

Поправка к рабочей отметке  $Y$  (ордината вертикальной кривой) в точке перелома профиля равна биссектрисе  $B$ , а в произвольной точке кривой, расположенной на расстоянии  $X$  от начала или конца кривой,

$$Y = X^2 / 2R. \quad (4.18)$$

Полученные поправки прибавляют к соответствующим отметкам «красной» линии на вогнутых кривых или отнимают – на выпуклых кривых. По новым отметкам «красной» линии уточняют рабочие отметки в пределах вертикальных кривых. На продольном профиле ранее вычисленные отметки проектной линии и рабочие отметки заменяют новыми.

Кроме указанного существуют способы вписывания вертикальных кривых с использованием специальных таблиц или набора шаблонов, облегчающих вычисление отметок проектной линии.

На сетке продольного профиля вертикальные кривые изображают в виде горизонтально расположенной прямоугольной скобы с серединой над вершиной угла. Длина скобы равна двум тангенсам кривой и откладывается в горизонтальном масштабе продольного профиля. На выпуклых кривых концы скобы направлены вниз, на вогнутых – вверх.

Через концы кривой (скобы) проводят вертикальные черточки, которые отделяют кривую от соседних прямолинейных участков проектной линии. У вертикальных черточек указываются расстояния от начала и конца кривой до соседних пикетов в обе стороны. Внутри скобы записывают элементы кривой (радиус  $R$ , длину  $K$ ).

Прямолинейные участки проектной линии изображают на сетке продольного профиля в виде наклонных линий, направление наклона которых соответствует наклону проектной линии на этом участке. Над линией записывают уклоны участка, ‰, под линией – длину участка, м. Концы участков разделяются вертикальными черточками.

При вписывании вертикальных кривых длины прямых участков проектной линии уменьшаются на величину тангенса  $T$  в каждую сторону от середины кривой. Например, если длина сокращаемых прямых участков составляла до вписания вертикальной кривой  $l_1$  и  $l_2$ , то после вписания она составит соответственно:

$$l'_1 = l_1 - T \text{ и } l'_2 = l_2 - T. \quad (4.19)$$

Параметры вертикальных кривых указывают в свободной таблице (табл. 4.4).

Т а б л и ц а 4 . 4

Параметры вертикальных кривых проектной линии							
Номер кривой	Положение перелома проектной линии	Алгебраическая разность сопрягаемых уклонов, ‰	Вид кривой	Параметры кривой, м			
				$R$	$K$	$T$	$B$

#### 4.6. Изображение гидрогеологических характеристик дороги на продольном профиле

Вычерчивание грунтового (геологического) разреза профиля начинается с нанесения линии, параллельной линии земли (ниже ее на 20 мм). В местах закладки разрезов наносят колонки грунтов с указанием глубины заложения в масштабе 1:50. Границы залегания одноименных грунтов на смежных колонках соединяют прямыми линиями и приводят на профиле наименования слоев грунта и номера их групп в соответствии с классификацией грунта по трудности разработки. На разведочных геологических

колонках указывают также отметки грунтовых вод (УГВ) с датой их вскрытия.

Шурфы на профиле изображают колонками шириной 6 мм с указанием в соответствии с условными обозначениями влажности песчаных и крупнообломочных грунтов, а для глинистых грунтов – консистенции.

Скважины изображаются шириной 2 мм. Если глубина скважины не размещается в пределах грунтового разреза, ее показывают с разрывом. С правой стороны от изображения выработок указывают глубину залегания каждого грунтово-почвенного горизонта от поверхности земли.

В графе «Развернутый план дороги» шурфы и скважины показывают квадратами соответственно со сторонами 6 мм и 2 мм, верхняя левая часть которых затушевывается от диагонали.

Условные обозначения грунтов и горных пород для геологических разрезов продольных и поперечных профилей дорог приведены в прил. 12.

#### **При выполнении курсового проекта принять:**

1. тип местности по характеру увлажнения: на участках с высоким стоянием поверхностных вод и длительным стоянием поверхностных вод (речные поймы, болота) – 3; на участках с песком (мелкий, средней крупности и крупный), крупнообломочными грунтами, супесью легкой крупной – 1; на всех остальных участках – 2;

2. рекомендуемую рабочую высоту насыпи при 1-м типе местности по характеру увлажнения для II, III категорий дороги – 1,5 м, IV категории – 1 м;

3. рабочие отметки *HT* и *KT* – 1 м;

4. геологические условия района проложения трассы по табл. П1.4 прил. 1.

## 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ДОРОГИ

### 5.1. Проектирование дороги в насыпи

Поперечные профили типовых насыпей показаны на рис. 5.1 и 5.2.

Насыпи на участках открытой местности с высокой вероятностью снегозанесения при высоте рабочей отметки по снегонезаносимости меньшей, чем рекомендуемая, следует устраивать обтекаемого профиля с пологими откосами крутизной 1:4...1:8.

Крутизна откосов насыпей при высоте откоса до 2 м принимается не круче 1:3. С обеих сторон насыпи при высоте откоса до 1,5 м и поперечном уклоне подошвы до 20 ‰ устраиваются боковые канавы. На ценных землях, лесных угодьях и в условиях застройки допускается увеличение крутизны откосов до предельных значений, приведенных в табл. 5.1, с разработкой мероприятий по обеспечению безопасности движения.

Рекомендованная крутизна откосов насыпей предполагает их укрепление методом травосеяния или одерновки. При использовании других, более капитальных методов укрепления крутизна может быть увеличена при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Поперечные профили, показанные на рис. 5.1, применяются при поперечном уклоне местности (крутизне косогора) до 1:50. При поперечном уклоне (крутизне косогора) 1:50...1:10 с верховой стороны от насыпи устраивается нагорная канава, отделенная от насыпи бермой шириной не менее 2 м и с поперечным уклоном поверхности в сторону канавы 20...40 ‰ (рис. 5.2).

Параметры боковых и нагорных канав определяются соответствующими расчетами. Коэффициент заложения внутреннего откоса боковых канав принимается таким же, как и коэффициент заложения откоса насыпи.

Таблица 5.1

Рекомендуемые значения крутизны откосов насыпей

Грунты насыпи	Наибольшая крутизна откоса при высоте, м		
	до 6	6...12	
		в нижней части (0...6)	в верхней части (6...12)
Глыбы из слабыветривающихся пород	1:1...1:1,3	1:1,3...1:1,5	1:1,3...1:1,5
Крупнообломочные и песчаные (за исключением мелких и пылеватых песков)	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Песчаные мелкие и пылеватые, глинистые и лессовые	<u>1:1,5</u> 1:1,75	<u>1:1,75</u> 1:2	<u>1:1,5</u> 1:1,75

Примечания: 1. Под чертой даны значения для пылеватых разновидностей грунтов во II и III дорожно-климатических зонах и для одноразмерных мелких песков.

2. Высота откоса насыпи определяется разностью отметок верхней и нижней бровок откоса. При наличии косогорности высота насыпи определяется разностью отметок верхней и нижней бровок низового откоса.

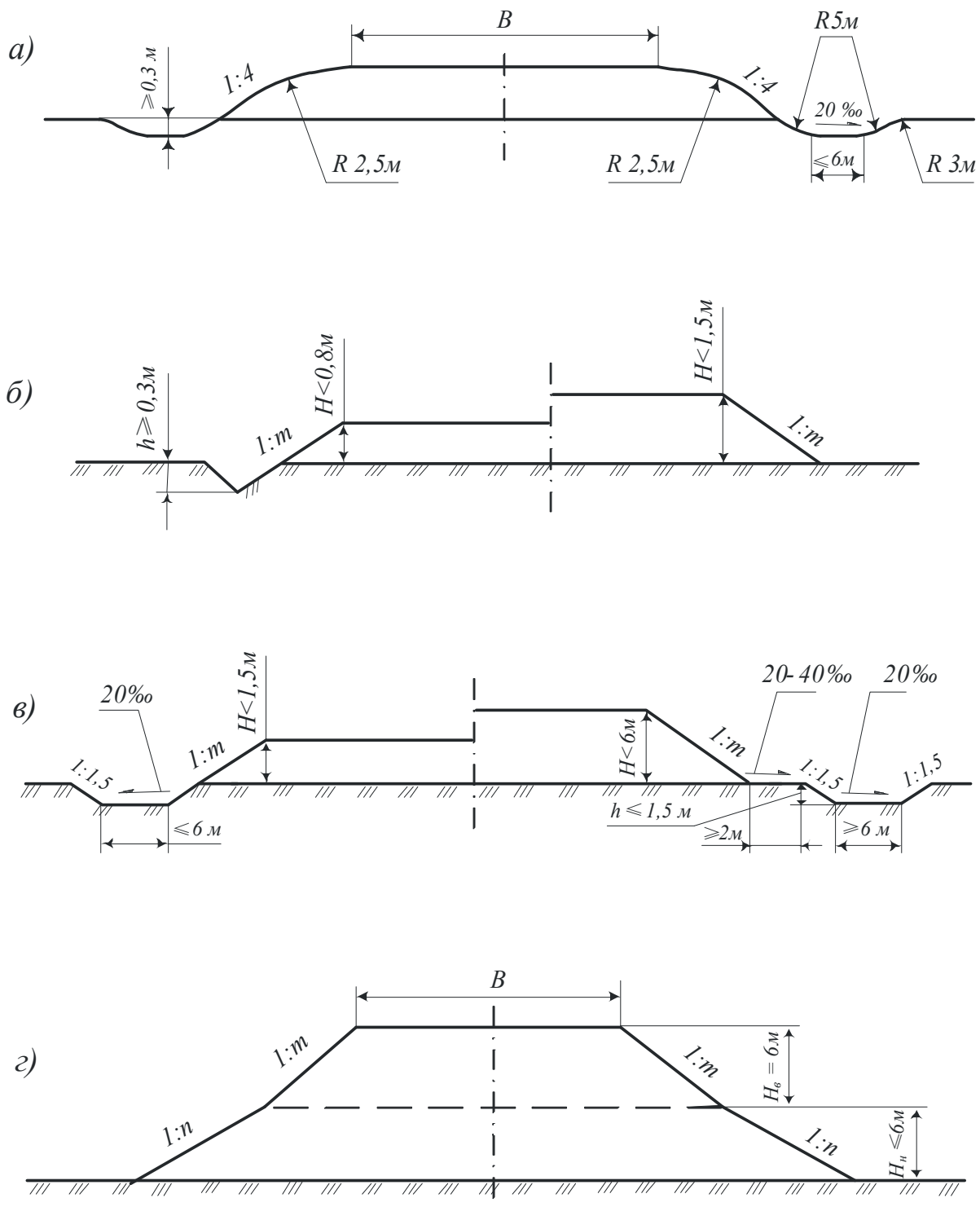


Рис. 5.1. Поперечные профили типовых насыпей:  
 а – насыпь высотой до 1,5 м; б – насыпь из привозного грунта;  
 в – насыпь из боковых резервов; г – насыпь высотой свыше 6 м

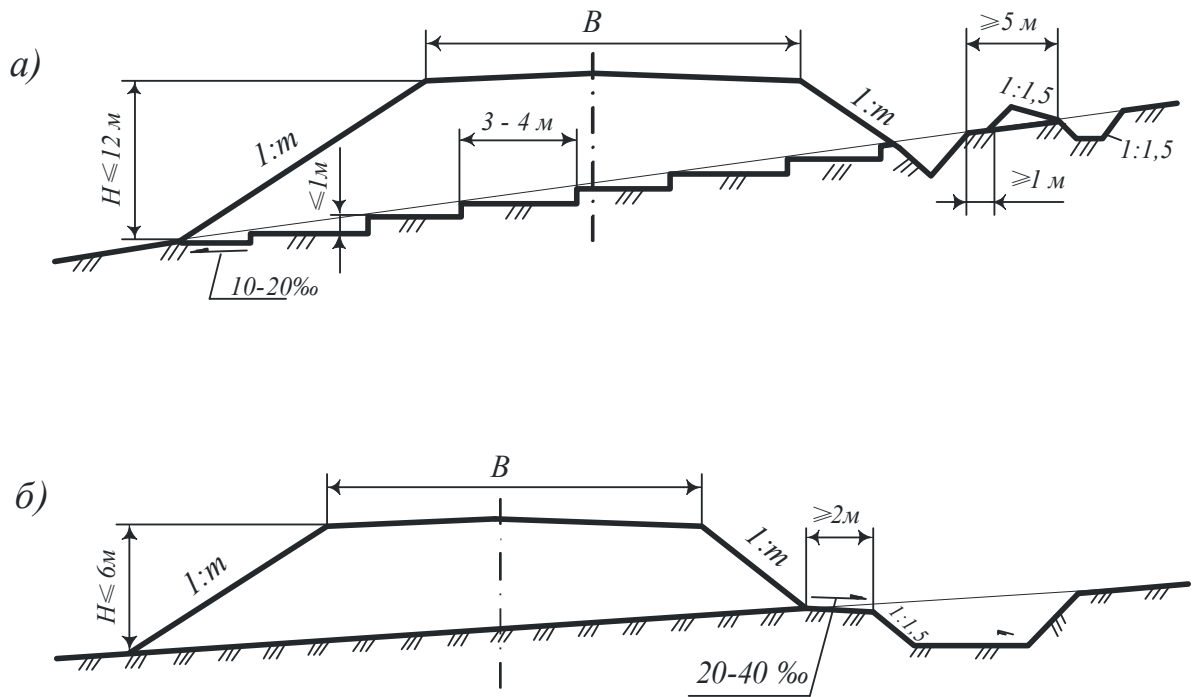


Рис. 5.2 Поперечные профили типовых насыпей на косогоре:  
 а – при крутизне косогора 1:5...1:3; б – при крутизне косогора 1:50...1:10

Насыпи дорог IV, V категорий и ведомственных дорог целесообразно возводить из боковых резервов, что существенно снижает стоимость производства земляных работ. Возведение земляного полотна из боковых резервов допускается при высоте насыпи до 2,5...3 м на участках 1-го и 2-го типов местности по характеру увлажнения и на участках 3-го типа в песчаных и крупнообломочных грунтах. На участках 3-го типа местности в глинистых грунтах использование боковых резервов возможно, если это позволяет уровень залегания грунтовых вод в период производства работ, который должен быть не выше 1 м от поверхности земли.

При малой высоте откоса резервы не отделяются от насыпи, а откос резерва является продолжением откоса насыпи. При высоте откоса более 1 м резервы отделяют от насыпи бермами шириной не менее 2 м с поперечным уклоном поверхности не менее 20 ‰ в сторону резерва. Предельная глубина резерва (измеряется по вертикальной оси резерва от поверхности земли до поверхности, соединяющей нижние бровки откосов резерва) 1,0 м, но не более расчетной глубины залегания грунтовых вод, ширина резерва по дну не более 10 м, коэффициенты заложения откосов: внутреннего (у насыпи) 3...1,5; внешнего – не менее 3. Допускается уполаживание откосов резервов с последующей рекультивацией под определенные уголья. Дну резерва придается поперечный уклон от насыпи (односкатный) и к центру резерва (двухскатный) 20 ‰. Параметры боковых резервов устанавливаются для отдельных участков дороги после определения объемов грунта, требуемых для возведения насыпей.

## 5.2. Проектирование дороги в выемке

Поперечные профили выемок приведены на рис. 5.3.

Выемки глубиной до 1 м в целях предохранения от снежных заносов необходимо проектировать раскрытыми с крутизной откосов 1:5...1:10 или разделанными под насыпь. При глубине выемки более 1 м крутизну откосов выемок, не относящихся к объектам индивидуального проектирования, назначают по табл. 5.2. Выемки глубиной 1...5 м на снегозаносимых участках следует проектировать с крутыми откосами (1:1,5...1:2) и дополнительными полками или обочинами шириной не менее 4 м.

Т а б л и ц а 5 . 2

Рекомендуемая крутизна откосов выемок

Грунты	Высота откоса, м	Наибольшая крутизна откосов
Скальные:		
слабовыветривающиеся	До 16	1:0,2
легковыветривающиеся	До 16	1:0,5...1:1,5
неразмягчаемые	До 6	1:1
размягчаемые	6...12	1:1,5
Крупнообломочные	До 12	1:1...1:1,5
Песчаные, глинистые однородные твердой, полутвердой и тугопластичной консистенции	До 12	1:1,5
Пески мелкие барханые	Свыше 2	1:4
	2...12	1:2
Лесс	До 12	<u>1:0,1...1:0,5</u> 1:0,5...1:1,5

П р и м е ч а н и я : 1. Над чертой приведена крутизна откосов в засушливой зоне, под чертой – вне засушливой зоны.

2. В скальных слабовыветривающихся грунтах допускаются вертикальные откосы.

3. На территориях с закрепленной растительностью песками допускается наибольшую крутизну при высоте откоса до 12 м принимать 1:2.

4. Высота откоса выемки определяется разностью отметок верхней и нижней бровок откоса. При наличии ксогорности в расчет берется верховой откос.

Выемки глубиной более 2 м в мелких и пылеватых песках, переувлажненных глинистых грунтах, легковыветривающихся или трещиноватых скальных породах, пылеватых лессовидных и лессовых породах, а также в вечномерзлых грунтах, переходящих при оттаивании в мягкопластичное состояние, проектируют с закуветными полками. Ширину закуветных полок следует принимать при мелких и пылеватых песках – 1 м, при остальных указанных грунтах при высоте откоса до 6 м – 1 м, при высоте откоса до 12 м (для скальных пород – до 16 м) – 2 м. Поверхности закуветных полок придаетя поперечный уклон 20...40 % в сторону кювета.



Уклон можно не предусматривать при скальных породах, а также песках в условиях засушливого климата.

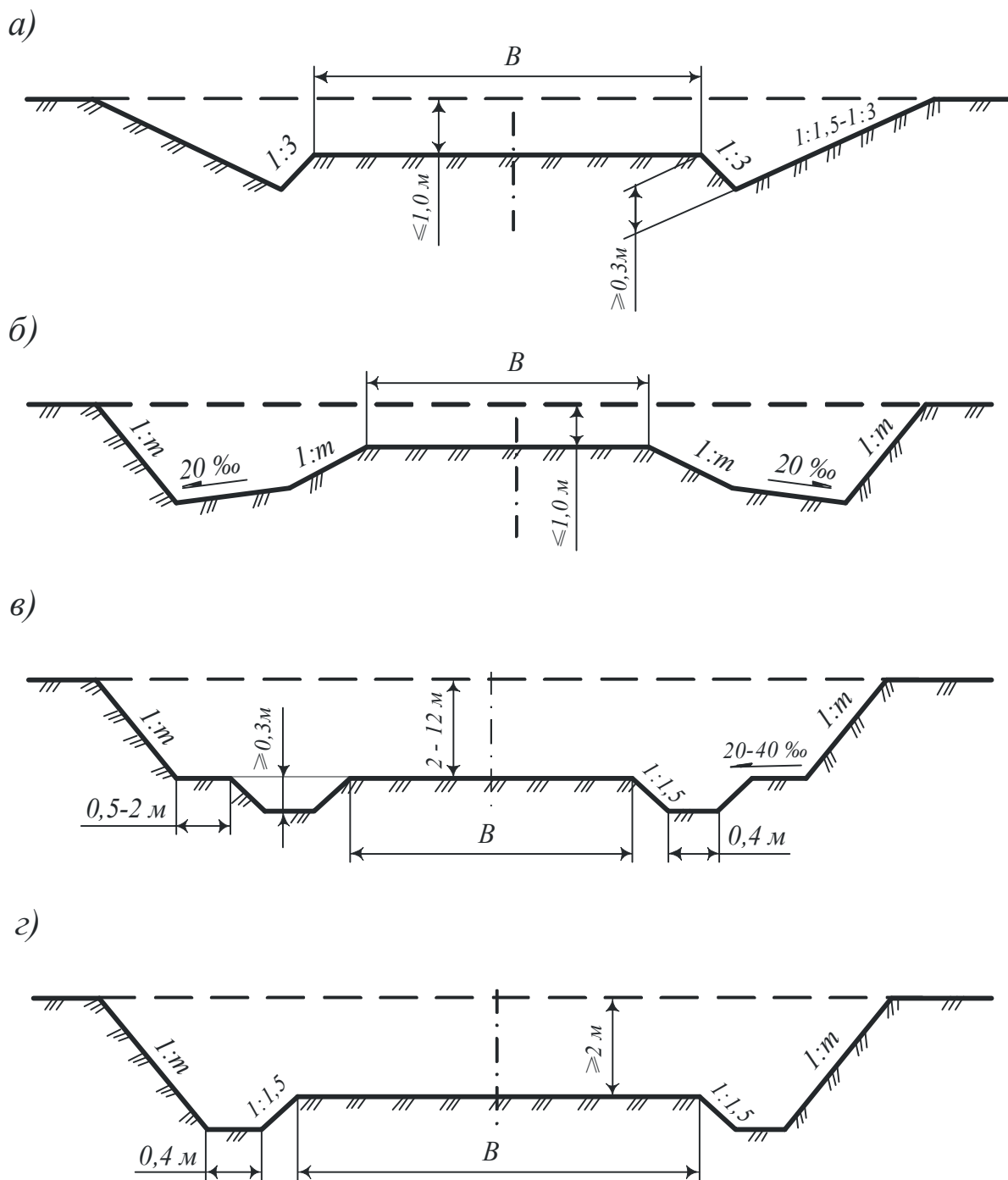


Рис. 5.3. Поперечные профили типовых выемок:  
 а – раскрытая выемка глубиной до 1,0 м; б – выемка, разделенная под насыпь;  
 в – выемка глубиной от 2 до 12 м в слабых грунтах;  
 г – выемка в глинистых грунтах

Для обеспечения устойчивости верхнего откоса выемки и предотвращения стекания воды с повышенных мест рельефа в выемку, после верхнего откоса выемки на расстоянии не менее 1 м от его верхней бровки (бровки подошвы выемки) устраивают земляной вал высотой до 0,6 м и длиной не менее 4 м треугольного поперечного сечения, который называют банкетом (рис. 5.4). Откос банкета, направленный к выемке, устраивают крутизной 1:1,5, откос, направленный от выемки, – пологим с поперечным уклоном не менее 20 ‰, после банкета устраивается канава глубиной не менее 0,3 м, которую называют забанкетной.

При поперечном уклоне местности (крутизне косогора) более 1:25 после банкета устраивается нагорная канава. При крутизне косогора более 1:5 банкеты не устраивают.

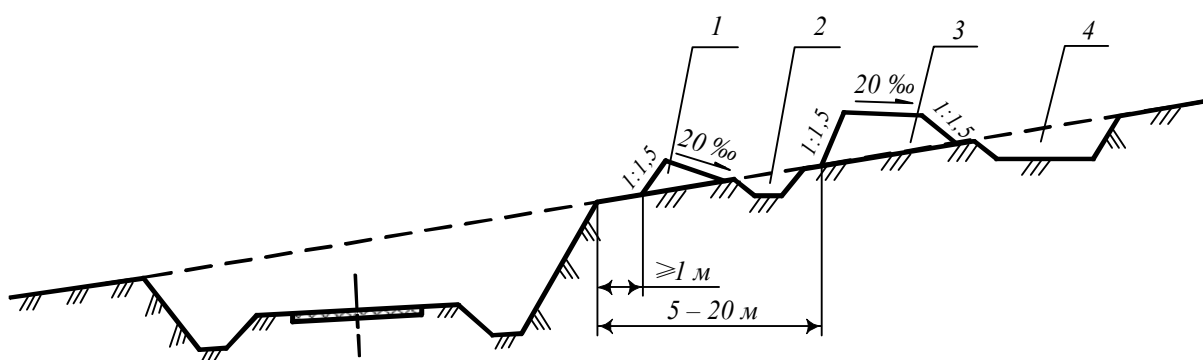


Рис. 5.4. Выемка на косогоре:  
1 – банкет; 2 – забанкетная канава; 3 – кавальер; 4 – нагорная канава

Грунт, выбираемый из выемки, может быть использован для отсыпки насыпей в тех случаях, когда данный грунт не пригоден для возведения насыпи или его перемещение экономически не целесообразно. Грунт отсыпают в отвал трапецидального поперечного сечения с верхней стороны от выемки на расстоянии 5...20 м от верхней бровки верхнего откоса выемки (чем выше снегозаносимость местности, тем дальше располагается отвал), который называется кавальером. Высота кавальера до 3 м, крутизна откосов не менее 1:1,5, поверхности кавальера придают поперечный уклон не менее 20 ‰ от выемки. Параметры кавальеров назначают в зависимости от объемов грунтов, выбираемых из выемок и подлежащих перемещению в отвалы. При больших объемах перемещения грунтов в отвалы допускается устройство кавальера и с низовой стороны от выемки, при этом в пониженных местах оставляют разрывы в теле кавальера для обеспечения стока воды.

### 5.3. Особенности проектирования земляного полотна дорог при сложных природных условиях

На устойчивых горных склонах крутизной более 1:3 земляное полотно следует располагать на полке, врезанной в косогор (выемка на полке). На склонах крутизной 1:10...1:5 земляное полотно проектируется в виде насыпи без устройства уступов в основании. При крутизне склонов 1:5...1:3 земляное полотно устраивают в виде насыпи, полунасыпи-полу-выемки или выемки на полке. В основании насыпи и полунасыпи следует делать уступы шириной 3...4 м, высотой до 1 м. Уступы не устраиваются на склонах из дренирующих грунтов, а также из скальных слабовыветривающихся грунтов. В необходимых случаях необходимо предусматривать мероприятия, как правило, комплексные, обеспечивающие устойчивость земляного полотна и склона, на котором оно располагается (дренажные устройства, поверхностный водоотвод, подпорные сооружения, изменение очертания склона).

Конструкцию земляного полотна на болотах следует назначать на основе технико-экономического сравнения вариантов, предусматривающего удаление болотных грунтов (включая взрывной метод) или их использование в качестве основания насыпи с принятием в необходимых случаях специальных мер по обеспечению устойчивости, снижению и ускорению осадок и исключению недопустимых упругих колебаний. При глубине болот до 6 м и высоте насыпей до 3 м проектирование допускается вести на основе привязки типовых решений с учетом типа болота.

Различают три типа болот: I тип – болота, заполненные болотными грунтами, прочность которых в природном состоянии обеспечивает возможность возведения насыпи высотой до 3 м без возникновения процесса бокового выдавливания слабого грунта; II тип – болота, содержащие в пределах болотной толщи хотя бы один слой, который может выдавливаться при некоторой интенсивности возведения насыпи высотой до 3 м, но не выдавливается при меньшей интенсивности возведения насыпи; III тип – болота, содержащие в пределах болотной толщи хотя бы один слой, который при возведении насыпи высотой до 3 м выдавливается независимо от интенсивности возведения насыпи.

Поперечные профили земляного полотна, сооружаемого на болотах, приведены на рис. 5.5.

Насыпи на затопляемых пойменных участках, на пересечении водоемов и на подходах к мостовым сооружениям следует проектировать с учетом волнового, а также гидростатического и эрозионного воздействия воды в период подтопления. Для обеспечения возможности ремонта и укрепления откосов в период эксплуатации на таких участках при технико-экономическом обосновании допускается предусматривать устройство бERM шириной не менее 4 м.

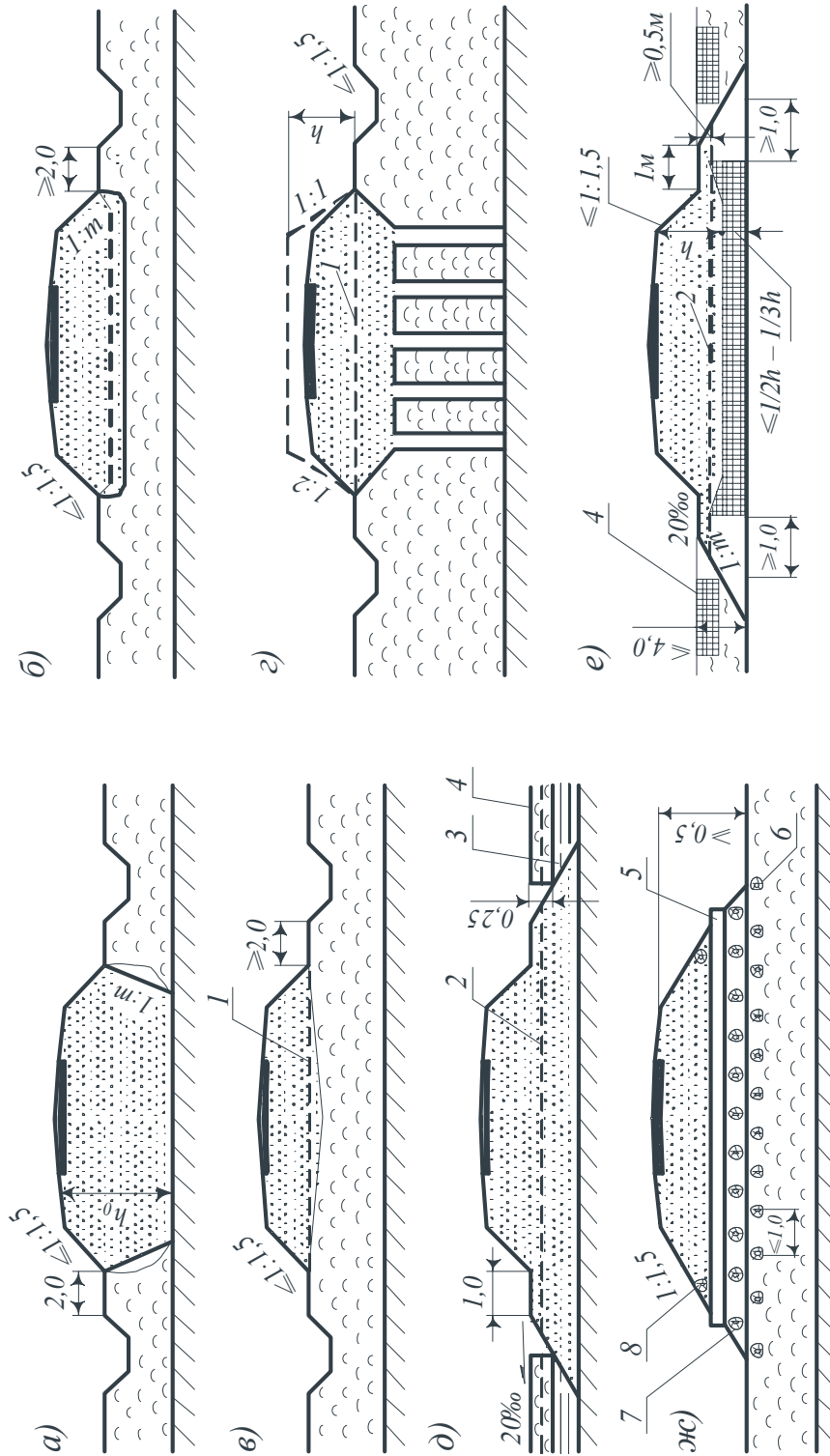


Рис. 5.5. Поперечные профили земляного полотна на болотах:

а – насыпь на болотах I и II типов с полным выторфовыванием; б – насыпь на болотах I и II типов с частичным выторфовыванием; в – насыпь на болотах I типа без выторфовывания; г – насыпь на болотах I типа глубиной до 6 м с вертикальными дренами; д – насыпь на болотах II и III типов с посадкой на минеральное дно; е – насыпь на болотах I и III типов с погружением на торфяной ковер; жс – насыпь на сплошном деревянном настиле; 4 – торфяной ковер; перед отсыпкой; 2 – горизонт воды; 3 – выдавливающийся болотный грунт; 4 – торфяной ковер; 5 – поперечный настил, покрытый мхом (5...10 см); б – продольные лежни диаметром 20...30 см; 7 – кривой настил из лежней диаметром 15...25 см; 8 – прижимной брус диаметром 20...30 см

## 5.4. Конструктивная разработка поперечного профиля проезжей части и земляного полотна дороги

Основные параметры элементов поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог (число полос движения, ширина полосы движения, ширина обочины, ширина краевой полосы у обочины, ширина центральной разделительной полосы, ширина краевой полосы безопасности у разделительной полосы) назначаются в зависимости от класса и категории проектируемой дороги (см. табл. 1.7).

Поперечные профили автомобильных дорог разных категории проектируют в соответствии с рис. 5.6...5.8.

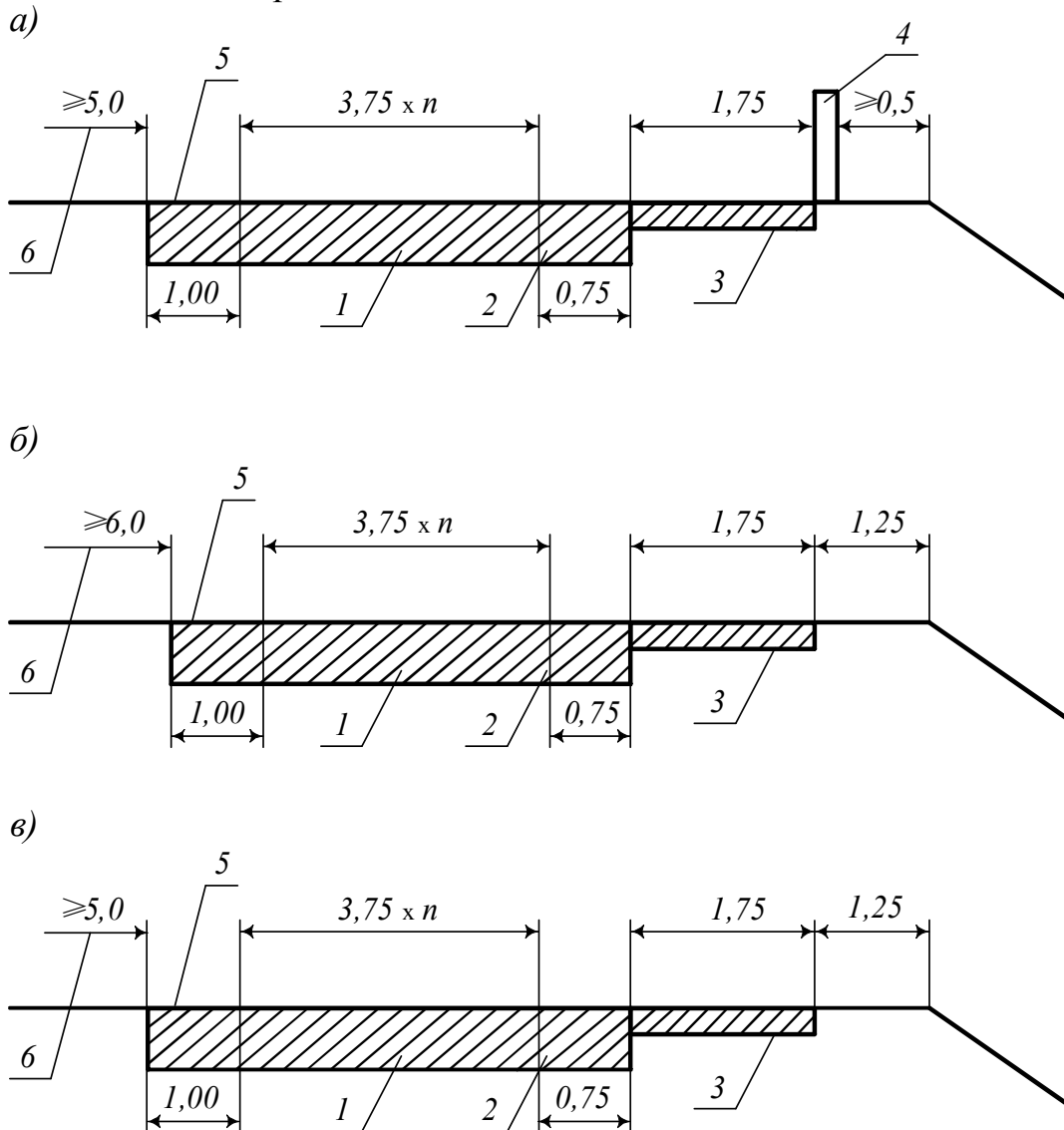


Рис. 5.6. Поперечные профили автомобильных дорог I категории (размеры в метрах):

*a* – категории IA, IB, IB с ограждениями; *б* – категории IA, IB без ограждений;  
*в* – категории IB без ограждений; 1 – проезжая часть; 2 – краевая полоса у обочины; 3 – укрепленная часть обочины; 4 – ограждения; 5 – краевая полоса безопасности у разделительной полосы; 6 – разделительная полоса

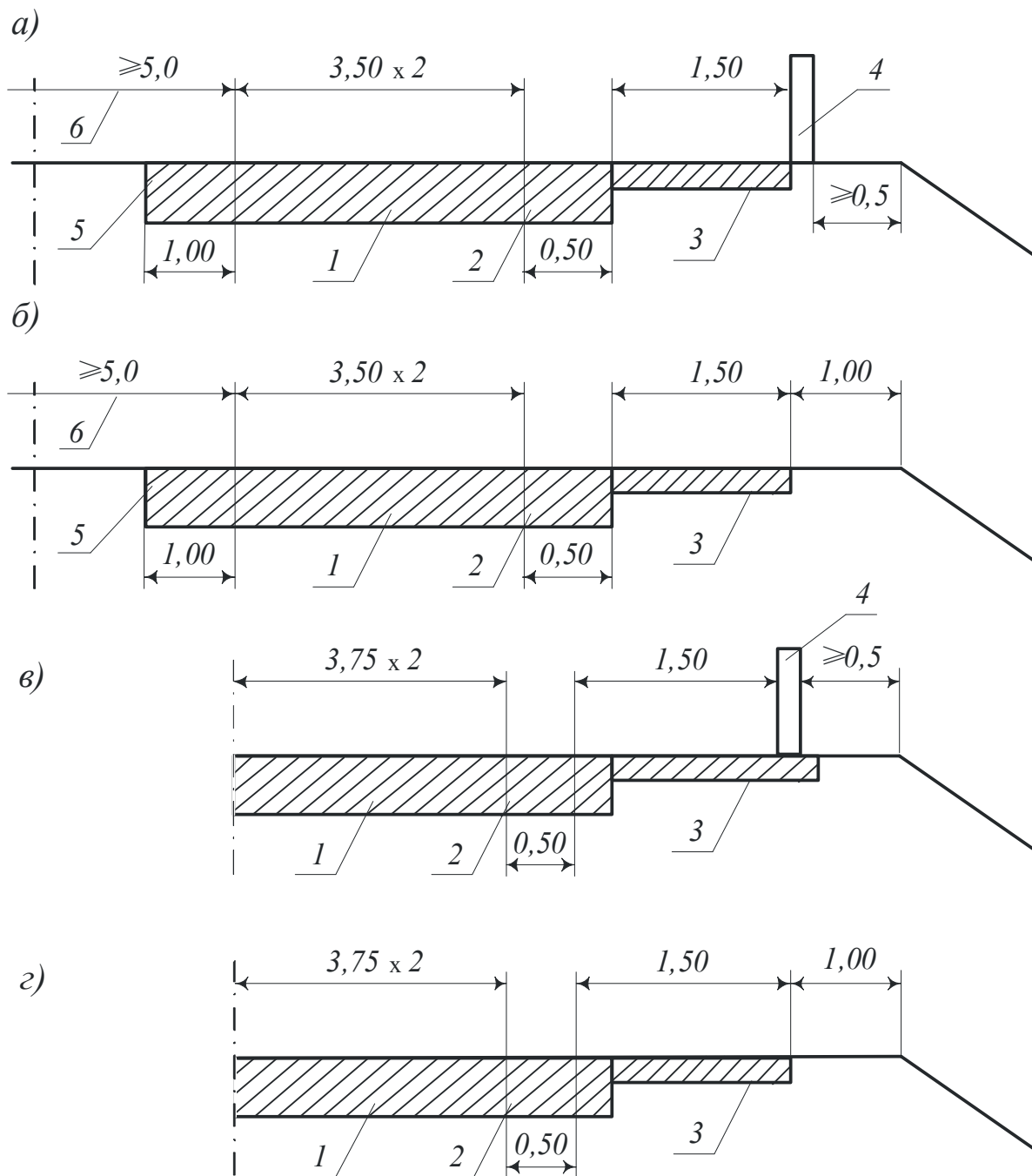


Рис 5.7. Поперечные профили автомобильных дорог II категории (размеры в метрах):

*a* – с ограждениями при четырех полосах движения; *б* – без ограждений при четырех полосах движения; *в* – с ограждениями при двух полосах движения; *г* – без ограждений при двух полосах движения; *1* – проезжая часть; *2* – краевая полоса у обочины; *3* – укрепленная часть обочины; *4* – ограждения; *5* – краевая полоса безопасности у разделительной полосы; *б* – разделительная полоса

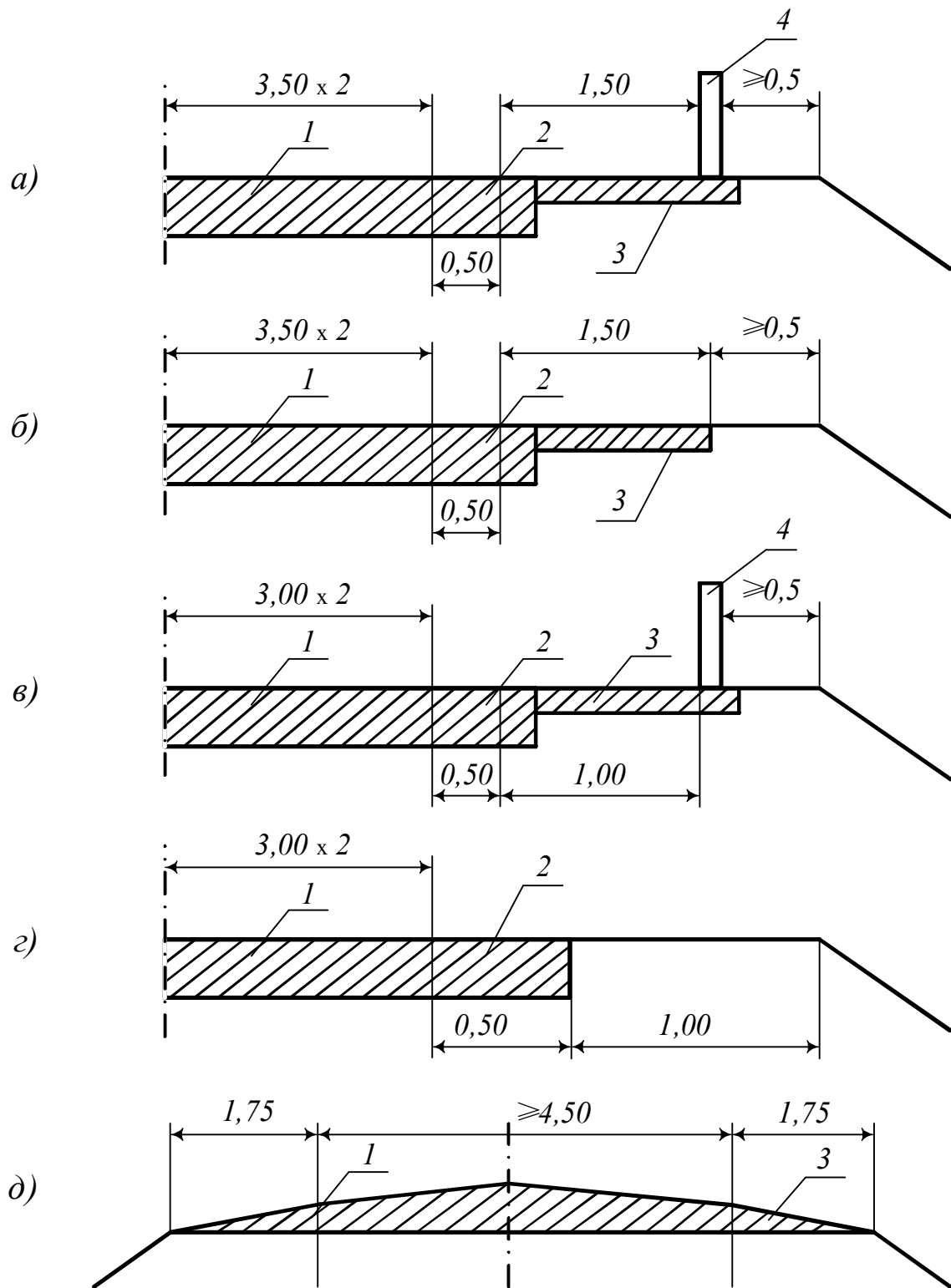


Рис. 5.8. Поперечные профили автомобильных дорог III – IV категорий (размеры в метрах):

*a* – категории III с ограждениями; *б* – категории III без ограждений;  
*в* – категории IV с ограждениями; *г* – категории IV без ограждений;  
*д* – категории V; *1* – проезжая часть; *2* – краевая полоса у обочины;  
*3* – укрепленная часть обочины; *4* – ограждения

## 5.5. Проектирование уширений проезжей части и земляного полотна

В ряде случаев на отдельных участках дорог производится уширение проезжей части и земляного полотна по сравнению с нормативными значениями (см. табл. 1.7) для повышения безопасности движения. К таким случаям относятся:

- однополосные дороги V категории;
- вогнутые кривые;
- затяжные подъемы двухполосных дорог;
- кривые в плане малого радиуса.

На дорогах V категории, имеющих одну полосу движения шириной 4,5 м, устраивают разъезды, расстояние между которыми предусматривают равными расстоянию видимости встречного автомобиля  $S_v$  (при расчетной скорости автомобиля  $v_p=60$  км/ч,  $S_v=170$  м, но не более 1 км). Ширина земляного полотна на разъездах не менее 8,0 м для размещения двух полос движения (каждая не менее 3,0 м.) и двух обочин шириной по 1,0 м. Длина разъездов не менее 30 м. Переход от однополосной к двухполосной проезжей части на разъездах осуществляют на протяжении не менее 10 м.

В пересеченной местности при чередовании подъемов и спусков многие водители грузовых автомобилей увеличивают скорость автомобиля в нижней части спусков, с тем, чтобы легче преодолеть последующий подъем; поэтому ширину проезжей части дорог в пределах средней части вогнутых кривых с алгебраической разностью продольных уклонов 60 ‰ и более увеличивают на 0,5 м с каждой стороны для дорог II и III категории и на 0,25 м для дорог IV и V категорий по сравнению с шириной на остальной части дорог.

На затяжных подъемах двухполосных дорог с уклонами 30...40 ‰ и более автомобили большой грузоподъемности и автопоезда движутся с весьма небольшими скоростями, нередко не превышающими 10...15 км/ч, вынуждая идущий сзади транспортный поток двигаться с теми же малыми скоростями. На таких участках на подъем предусматривают устройство дополнительной полосы движения шириной, равной ширине полосы движения основной проезжей части, если расчетная интенсивность движения в сторону подъема превышает  $N_{прив}=4000$  авт./сут при продольном уклоне более 30 ‰ и длине подъема более 1 км, а также при уклоне более 40 ‰ и длине подъема более 0,5 км. Чтобы перестроение автомобилей не создавало помех основному транспортному потоку, дополнительные полосы движения начинаются за 50 м до начала подъема и продолжаются за подъемом на 100 м при интенсивности движения в сторону подъема до  $N_{прив}=5000$  авт./сут и на 200 м – при большей интенсивности. Для эффективного использования дополнительных полос движения их выделяют горизонтальной разметкой (рис. 5.9) и обозначают указательными знаками.



Ширину обочин двухполосных автомобильных дорог в местах устройства дополнительных полос на подъем для дорог II – IV категорий допускается уменьшать до 1,0 м.

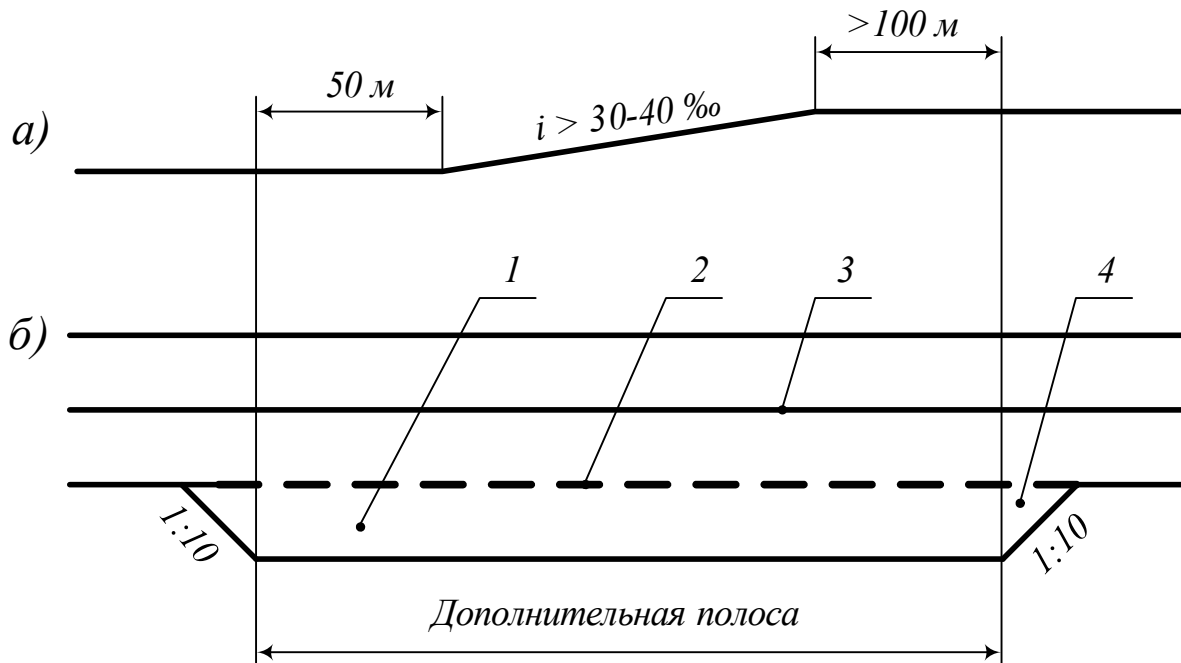


Рис. 5.9. Схема планировки дополнительной полосы на подъеме:  
*а* – продольный профиль; *б* – план; 1 – линия дополнительной полосы;  
 2 – линия разметки, разрешающая обгон; 3 – линия разметки, запрещающая обгон; 4 – участок отгона дополнительной полосы

При движении по криволинейным участкам дороги транспортные средства занимают полосу большей ширины, чем на прямых участках; поэтому в целях обеспечения безопасного движения с расчетными скоростями на кривых уширяют проезжую часть на величину  $\Delta$  (рис. 5.10), которая определяется расчетом или устанавливается по нормам проектирования.

При радиусах кривых в плане 1000 м и менее необходимо предусматривать уширение проезжей части с внутренней стороны за счет обочин с расчетом, чтобы ширина внутренних обочин на участках кривых была не менее 1 м. При недостаточной ширине обочин для размещения уширения проезжей части производится уширение земляного полотна. Уширение проезжей части надлежит выполнять пропорционально расстоянию от начала переходной кривой (отгона уширения) так, чтобы величина полного уширения была достигнута к началу круговой кривой. Отгон уширения земляного полотна начинается (заканчивается) там, где ширина внутренней обочины достигает нормативной величины.

В горной местности в виде исключения допускается размещать уширения проезжей части на кривых в плане частично с внешней стороны закругления.

Целесообразность применения кривых с уширением проезжей части более 2...3 м следует обосновывать в проекте сопоставлением с вариантами

увеличения радиусов кривых в плане, при которых не требуется устройства такого уширения.

Уширение проезжей части складывается из значений уширения отдельных полос движения  $\Delta_j$  при  $n$  полосах движения:

$$\Delta = \sum_{j=1}^n \Delta_j. \quad (5.1)$$

Уширение полосы движения  $\Delta_j$  (м) для одиночного автомобиля рассчитывается по формуле

$$\Delta_j = \frac{L^2}{2R} + \frac{0,18v_P}{\sqrt{R}}, \quad (5.2)$$

где  $L$  – расстояние между передним бампером и задней осью автомобиля, м;

$v_P$  – расчетная скорость движения, м/с;

$R$  – радиус кривой, м.

Уширение полосы движения  $\Delta_j$  (м) для автопоезда в составе «автомобиль-тягач + прицеп» вычисляется по формуле

$$\Delta_j = \frac{L^2}{2R} + \frac{0,18v_P}{\sqrt{R}} + \frac{b^2 - a^2}{2\sqrt{R^2 - L^2 - 0,5B_0}}, \quad (5.3)$$

где  $b$  – длина дышла прицепа, м;

$a$  – расстояние от крюка буксирного устройства до задней оси автомобиля, м;

$B_0$  – ширина проезжей части, м.

Уширение полосы движения  $\Delta_j$  (м) для автопоезда в составе «седельный тягач + полуприцеп» рассчитывается по формуле (5.3), в которой  $a=0$ , а  $b$  – расстояние от вертикальной оси шкворня до оси полуприцепа, м.

Для перевозки длинномерных грузов (лесоматериалы, трубы, металлопрокат) используются автопоезда в составе «автомобиль-тягач + прицеп-ропуск», уширение полосы движения для таких транспортных средств рассчитывается по формулам:

а) для внутренней полосы движения

$$\Delta_j = \frac{L^2}{2R} + \frac{0,18v_P}{\sqrt{R}} + \frac{14L_{\Pi} - 167}{R}; \quad (5.4)$$

б) для внешней полосы движения

$$\Delta_j = \frac{L^2}{2R} + \frac{0,18v_P}{\sqrt{R}} + \frac{l^2}{8R}, \quad (5.5)$$

где  $L_{\Pi}$  – расчетная длина перевозимой пачки длинномерных материалов, м;

$l$  – расстояние между кониками автомобиля и роспуска, м.

Для однополосных дорог уширение проезжей части вычисляется по формуле (5.2).

Величину полного уширения двухполосной проезжей части на закруглениях автомобильных дорог общего пользования и внешних ведомственных дорог следует принимать по табл. 5.3.

Т а б л и ц а 5 . 3

Значения полного уширения двухполосной проезжей части на кривых

Радиусы кривых в плане, м	Величины уширения (м) для автомобилей и автопоездов с расстоянием от переднего бампера до задней оси автомобиля или автопоезда (м)			
	до 7 / до 11	13	15	18
1000	–	–	–	0,4
850	–	0,4	0,4	0,4
650	0,4	0,5	0,5	0,7
575	0,5	0,5	0,5	0,8
425	0,5	0,7	0,7	0,9
325	0,6	0,8	0,9	1,1
225	0,8	1,1	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	–	–	–

П р и м е ч а н и е . В числителе указана величина для автомобиля, в знаменателе – для автопоезда.

## 5.6. Проектирование виражей

При движении автомобиля по виражу заноса не будет, если поперечная сила сцепления между его колесами и дорогой будет больше поперечной силы, сдвигающей автомобиль или равна ей:

$$(1 + v_p^2 i_B / gR) \varphi_y \geq v_p^2 / gR - i_B, \quad (5.6)$$

где  $v_p$  – расчетная скорость движения автомобилей для данной категории дороги, м/с (см. табл. 1.3);

$i_B$  – величина уклона виража, доли единицы;

$g$  – ускорение свободного падения, м /с<sup>2</sup>;

$R$  – радиус кривой, м;

$\varphi_y$  – коэффициент поперечного сцепления между колесами автомобиля и поверхностью дороги.

Величину  $\varphi_y$  принимают в пределах  $(0,6 \dots 0,7) \varphi_x$ , где  $\varphi_x$  – коэффициент продольного сцепления между колесами автомобиля и поверхностью дороги:  $\varphi_x = 0,6$  – сухое покрытие;  $\varphi_x = 0,4$  – мокрое покрытие;  $\varphi_x = 0,25$  – мокрое и грязное покрытие. Обычно в расчетах принимают  $\varphi_x = 0,25$ .

Приняв по категории дороги  $v_p$  и рекомендациям радиус кривой  $R$ , по формуле (5.6) можно определить необходимый уклон виража:

$$i_b = v_p^2 / gR - \mu, \quad (5.7)$$

где  $\mu$  – коэффициент поперечной силы:  $\mu = 0,15 \dots 0,17$ ; из условия устойчивости против заноса  $\mu = 0,12$ .

Если результат расчета по формуле (5.7) отрицательный, то устройство виража на кривой необязательно. Если  $0 < i_b \leq i$  (где  $i$  – поперечный уклон проезжей части на прямом участке дороги), то принимают  $i_b = i$ ; если рассчитанное значение  $i_b$  больше  $i$ , то  $i_b$  принимается в качестве поперечного уклона виража.

Целесообразно устраивать виражи на кривых с радиусами: 2000 м и менее – на дорогах общего пользования и 600 м и менее – на внутренних дорогах промышленных предприятий.

Поперечные уклоны проезжей части на виражах дорог общего пользования и внешних ведомственных дорог следует назначать в зависимости от радиусов кривых в плане по табл. 5.4.

Т а б л и ц а 5 . 4

Поперечные уклоны виражей

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 к промышленным предприятиям	
3000...1000 для дорог I категории	20...30	–	20...30
2000...1000 для дорог II – V категорий	20...30	–	20...30
1000...800	30...40	–	30...40
800...700	30 – 40	20	30...40
700...650	40...50	20	40
650...600	50...60	20	40
600...500	60	20...30	40
500...450	60	30...40	40
450...400	60	40...60	40
400 и менее	60	60	40

П р и м е ч а н и е. Меньшие значения поперечных уклонов на виражах соответствуют большим радиусам кривых, а большие – меньшим.

Если две соседние кривые в плане, обращенные в одну сторону, расположены близко друг от друга и прямая вставка между ними отсутствует или длина ее незначительна, односкатный профиль следует принимать непрерывным на протяжении этих кривых и прямой вставки между ними.

В районах с незначительной продолжительностью снегового покрова и редкими случаями гололеда наибольший поперечный уклон проезжей части на виражах допускается принимать до 100 ‰.

На особо трудных участках по условиям застройки или рельефа местности допускается разработка индивидуальных проектов виражей с переменными поперечными уклонами (типа «ступенчатый вираж») и уширенной проезжей частью дорог.

Виражи на многополосных дорогах проектируются с отдельными поперечными уклонами для проезжих частей разных направлений и с необходимыми мероприятиями по отводу воды с проезжих частей и разделительной полосы.

Переход от двускатного профиля дороги к односкатному (отгон виража) следует осуществлять на протяжении переходной кривой (рис. 5.10). Длина отгона виража  $L_{отг}$  принимается равной длине переходной кривой  $L$ .

Величина дополнительного продольного уклона  $\Delta i$  виража в начале круговой кривой составляет

$$\Delta i = \frac{(e + \Delta)i_B}{L} \leq \Delta i_{доп}. \quad (5.8)$$

где  $e$  – ширина проезжей части дороги;

$\Delta$  – величина уширения проезжей части в пределах круговой кривой;

$L$  – длина переходной кривой;

$\Delta i, i_B$  – уклоны в долях единицы.

Величина  $\Delta i$  не должна превышать: 5 ‰ – для дорог I–II категорий, III–V категорий в равнинной местности – 10 ‰, 20 ‰ – в горной местности.

В пределах отгона виража или переходной кривой осуществляется плавный переход от двускатного профиля к односкатному. Внешний скат проезжей части поднимается относительно оси проезжей части от уклона  $-i$  до  $+i$  на расстоянии  $l$ , равном:

$$l = 2ei / \left( \Delta i - 2 \frac{\Delta}{L_{отг}} i \right), \quad (5.9)$$

а на оставшемся расстоянии, равном  $L_{отг} - l$ , производится подъем односкатной поверхности проезжей части от уклона  $i$  до уклона  $i_B$  путем вращения относительно внутренней кромки проезжей части.

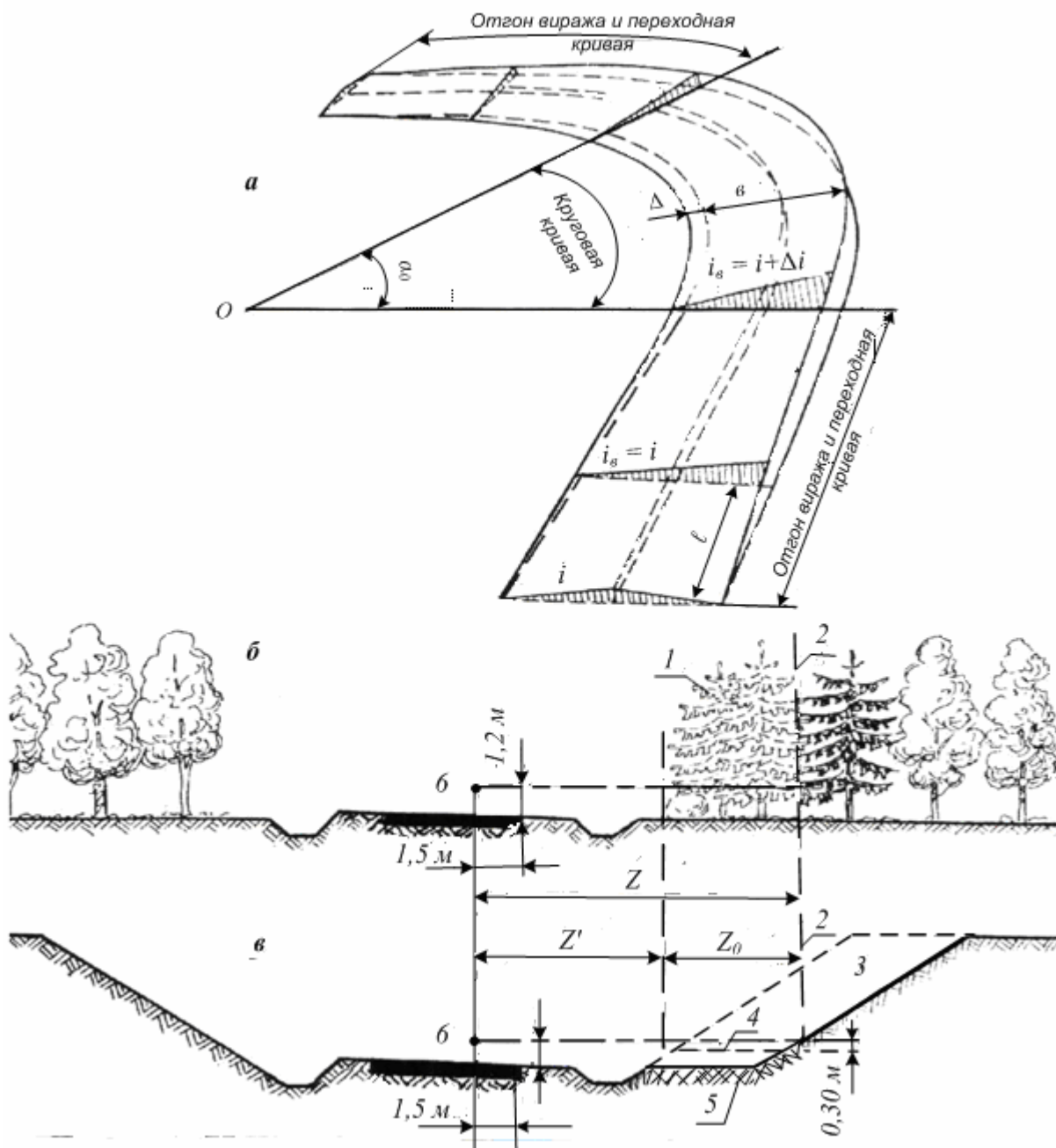


Рис. 5.10 Земляное полотно дороги на кривых в плане:  
*a* – вираж и уширение проезжей части; *б, в* – обеспечение видимости дороги  
 в плане: 1 – зона расчистки; 2 – граница зоны видимости; 3 – срезка в выемке;  
 4 – минимально необходимый уровень срезки; 5 – наиболее целесообразный  
 уровень срезки; б – положение глаз водителя

Поперечный уклон обочин на вираже принимаем одинаковым с уклоном проезжей части дороги (за исключением грунтовой полосы внешней обочины). Переход от нормального уклона обочин при двускатном профиле к уклону проезжей части следует производить на протяжении 10 м до начала отгона виража.

Если расчетный поперечный уклон  $i_B$  на вираже больше величины, указанной в табл. 5.4, необходимо принять уклон виража рекомендуемой величины и определить допустимую скорость движения на кривой по формуле

$$v \leq \sqrt{\frac{gR(\varphi_y + i_B)}{1 - i_B \varphi_y}}, \quad (5.10)$$

где  $i_B$  – принятый уклон виража.

При  $v < v_p$  на кривой вводится ограничение скорости с помощью соответствующих дорожных знаков.

## 5.7. Обеспечение видимости поверхности дороги в плане

Видимость дороги в плане обеспечена, если водитель легкового автомобиля при уровне расположения глаза около 1,2 м над проезжей частью и на расстоянии 1/4 ширины проезжей части от кромки покрытия видит поверхность дороги или встречный автомобиль на расстоянии, обеспечивающем возможность остановки автомобиля.

Расстояние видимости  $S_B$  принимается по СНиП 2.05.02–85\* в зависимости от категории дороги.

Максимально необходимая и используемая для современного автомобильного движения видимость оценивается величиной около 300...400 м.

Объекты, расположенные во внутренней части кривой (лесонасаждения, высокий кустарник, строения), а также откосы выемок с внутренней стороны кривой могут ограничивать видимость дороги. Для устранения этого недостатка внутреннюю часть кривой расчищают или устраивают срезку откоса выемки до границы зоны видимости на расстояние  $Z$  (см.рис. 5.10).

Если расстояние видимости поверхности дороги  $S_B$  больше длины основной (круговой) кривой  $K_0$ , то параметр  $Z$  зависит от величины угла поворота и равен:

$$Z = R \left( 1 - \cos \frac{K_0}{2R} \right) + \frac{S_B - K_0}{2} \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (5.11)$$

Если расчетное расстояние видимости поверхности дороги  $S_B$  меньше длины основной (круговой) кривой  $K_0$ , то параметр  $Z$  равен:

$$Z = R \left( 1 - \cos \frac{S_B}{2R} \right). \quad (5.12)$$

Ширина зоны расчистки или срезки  $Z_0$  в пределах основной кривой равна  $Z_0 = Z - Z'$ , где  $Z'$  – расстояние от траектории движения до препятствия (лес, кустарник, строения, откос выемки), м. Если  $Z' \geq Z$ , то расчистка не требуется.

Срезка или расчистка осуществляется на всем протяжении основной кривой и начинается на расстоянии видимости поверхности дороги  $S_B$  от начала и конца основной кривой.

## 5.8. Определение объемов земляных работ

Объемы земляных работ при сооружении дороги в насыпи или выемке определяют по формуле

$$W = Q \pm \Delta Q_1 + \Delta Q_2, \quad (5.13)$$

где  $Q$  – профильный объем насыпи (выемки);

$\Delta Q_1$  – поправка на устройство дорожной одежды;

$\Delta Q_2$  – поправка на уплотнение грунта.

Профильные объемы насыпей (выемок) определяются по пикетам, а в пределах пикетов – по участкам между смежными переломами линии поверхности земли на чертеже продольного профиля дороги.

Земляное полотно дороги в насыпи в пределах пикета (пикета и плюсовой точки) можно рассматривать как призматоеид (рис. 5.11), объем которого

$$Q = H(B + mH)l + m(H_1 - H_2)^2 l / 12, \quad (5.14)$$

где  $H = 0,5(H_1 + H_2)$  – средняя рабочая отметка на участке  $l$ ;

$B$  – ширина земляного полотна;

$m$  – коэффициент заложения откосов;

$l$  – длина участка насыпи;

$H_1, H_2$  – высота призматоеида по концам участка (рабочие отметки).

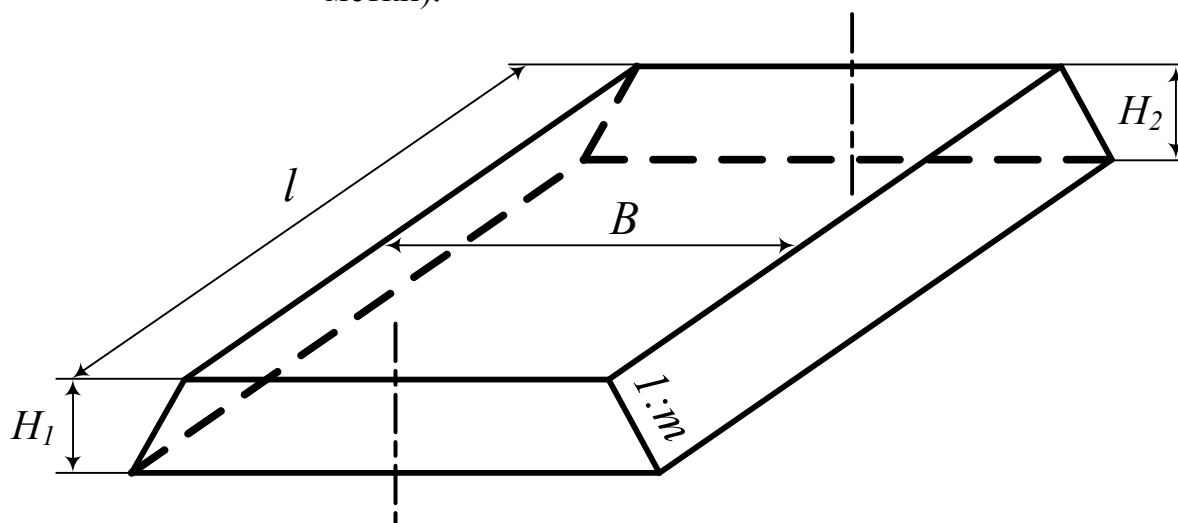


Рис. 5.11. Земляной призматоеид

Второе слагаемое  $m(H_1 - H_2)^2 l / 12$  является поправкой на рабочие отметки и учитывается при  $(H_1 - H_2) \geq 1$  м, если  $l > 50$  мм. Если  $l > 50$  м, то поправку вводят лишь при  $(H_1 - H_2) > 2$  м.



Профильные объемы выемок также определяют по формуле (5.14), только вместо ширины земляного полотна  $B$  подставляют ширину основания трапеции  $B_1$ , расположенного на уровне бровок земляного полотна (рис. 5.12):

$$B_1 = B + 2b_k, \quad (5.15)$$

где  $b_k$  – ширина кювета поверху.

Подсчет объемов земляных работ при сооружении насыпей и выемок ведут отдельно; поэтому на продольном профиле предварительно устанавливают нулевые точки.

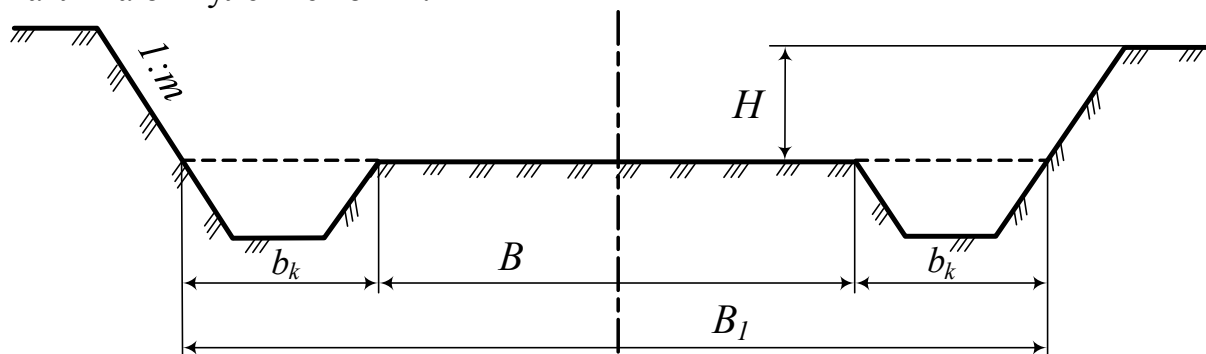


Рис. 5.12. Схема к определению площади поперечного сечения выемки

Поправку на устройство дорожной одежды можно определить по приближенной формуле

$$\Delta Q_1 = b\delta l, \quad (5.16)$$

где  $b$  – ширина проезжей части;

$\delta$  – толщина дорожной одежды;

$l$  – длина участка.

Эту поправку при подсчете объемов насыпи вводят с отрицательным знаком, так как земляные работы уменьшаются на объем, занимаемый дорожной одеждой. При подсчете объемов земляных работ в выемках поправка на устройство дорожной одежды принимается с положительным знаком.

Поправка на уплотнение насыпи определяется по формуле

$$\Delta Q_2 = Q(K_y - 1), \quad (5.17)$$

где  $Q$  – профильный объем насыпи;

$K_y$  – коэффициент уплотнения, принимаемый для песков и пылеватых супесей – 1,05; для суглинков – 1,10; для лессовидных суглинков и лесов – 1,15.

Поправка на уплотнение суммируется с объемом насыпи. Мосты длиной менее 4 м и все трубы при подсчете объемов земляных работ не учитываются, а считаются как бы заполненными землей.

При определении объемов земляных работ в выемке поправка  $\Delta Q_2 = 0$ .

По результатам вычислений составляется попикетная ведомость объемов земляных работ (табл. 5.5).

Таблица 5.5

Форма попикетной ведомости объемов земляных работ

Километр	Пикет	Плюс	Расстояние, м	Рабочая отметка, м		Профильный объем $Q$ , м <sup>3</sup>		Поправки к профильному объему		Итого земляных работ, м <sup>3</sup>	
				насыпь	выемка	насыпь	выемка	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_2$	насыпь	выемка
0	0	00		0,0							
	1	00	100	0,7		298		180	29,8	147,8	
	1	65	65	1,0		512		117	51,2	446,2	
Всего											

На основании попикетной ведомости объемов земляных работ строят схему распределения земляных масс (рис. 5.13). Показатели объемов насыпи откладывают вниз, а выемки – вверх. График дает представление о распределении объемов земляных работ по длине трассы, а также о линейном или сосредоточенном характере земляных работ.

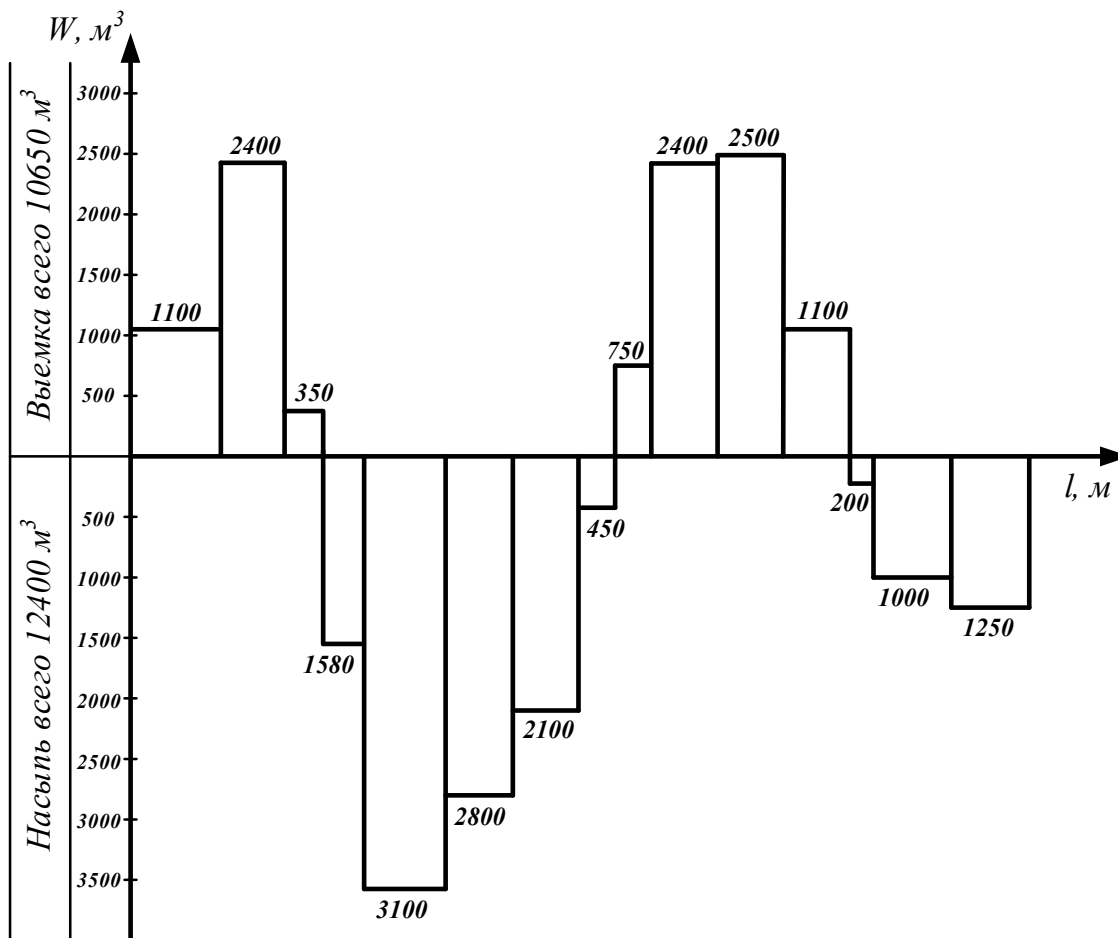


Рис. 5.13. Схема распределения земляных масс

### **Порядок проектирования земляного полотна дороги**

1. Назначить тип грунта земляного полотна (табл. П1.4 прил. 1).
2. В зависимости от категории дороги принять и вычертить поперечный профиль проезжей части и земляного полотна автомобильной дороги (рис. 5.6, 5.7, 5.8).
3. Трассу разделить на участки в зависимости от крутизны косогора, местных условий (пойменные участки, болота), величины рабочей отметки, типа местности по характеру увлажнения. Выделяются участки: нормальные условия (косогор от 0 до 1:50), косогорные, болота, пойменные; насыпи с рабочей отметкой до 2 м (при устройстве боковых резервов до 1 м), от 2 до 6 м (при устройстве боковых резервов от 1 до 3 м), от 6 до 12 м; выемки с рабочей отметкой до 1 м, от 1 до 12 м.
4. В зависимости от условий и рабочей отметки выбрать поперечные профили земляного полотна (рис. 5.1–5.5) и обозначить их арабскими цифрами (произвольно).
5. Вычертить принятые поперечные профили земляного полотна.
6. Указать тип поперечного профиля земляного полотна в соответствии с принятым обозначением на чертеже продольного профиля дороги.
7. Установить необходимость уширения проезжей части и земляного полотна на отдельных участках дороги. Сведения об уширениях занести в табл. П2.5 прил. 2.
8. Произвести расчет виражей и при их наличии заполнить табл. П2.7 прил. 2.
9. Определить объемы земляных работ, составить попикетную ведомость объемов земляных работ и привести схему распределения земляных масс.

## 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

### 6.1. Определение требуемого модуля упругости дорожной одежды

В качестве расчетной схемы нагружения дорожной конструкции колесом автомобиля принимается гибкий круговой штамп диаметром  $D$ , передающий равномерно распределённую нагрузку (удельное давление)  $P$  (рис. 6.1).

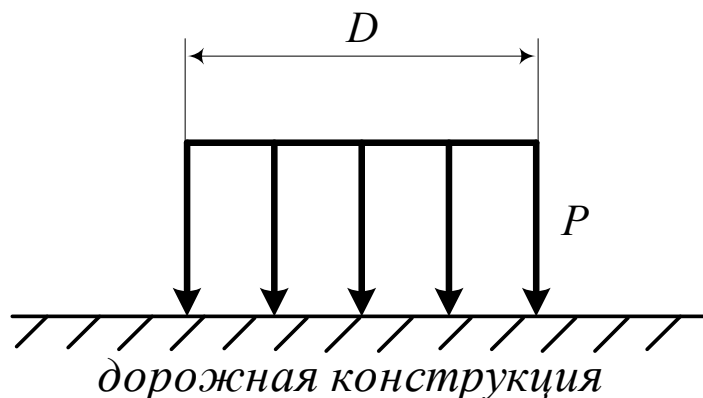


Рис. 6.1. Расчетная схема нагружения дорожной конструкции:  
 $D$  – расчетный диаметр следа колеса автомобиля;  
 $P$  – удельное давление от колеса на поверхность дорожной конструкции

При проектировании дорожных одежд за расчётные принимают нагрузки, соответствующие предельным нагрузкам на ось расчетного двухосного автомобиля. Параметры расчётной нагрузки приведены в табл. 6.1.

Т а б л и ц а 6 . 1

Параметры расчётной нагрузки

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка, кН		Расчетные параметры нагрузки	
	На ось автомобиля	На поверхность покрытия от колеса расчетного автомобиля ( $Q_p$ )	$P$ , МПа	$D$ , см
$A_1$	100	50	0.6	37/33
$A_2$	110	55	0.6	39/37
$A_3$	130	65	0.6	42/37

Примечание: Значения  $D$  в числителе – для движущегося автомобиля, в знаменателе – для неподвижного.

Приведенная интенсивность воздействия нагрузки от транспортных средств на дорожную одежду

$$N_p = f_n \sum_{m=1}^i n_i \cdot S_{\text{сум}i}, \quad (6.1)$$

где  $f_n$  – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним (табл. 6.2);

$m$  – количество типов транспортных средств в составе потока;

$n_i$  – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств  $i$ -го типа, авт./сут;

$S_{сумi}$  – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства  $i$ -го типа к расчетной нагрузке  $Q_p$  (табл. 6.3).

Т а б л и ц а 6 . 2

Значение коэффициента  $f_n$

Число полос движения	Коэффициент $f_n$ для полосы от обочины		
	1	2	3
1	1	–	–
2	0,55	–	–
3	0,50	0,50	–
4	0,35	0,20	–
6	0,30	0,20	0,05

П р и м е ч а н и е . На перекрестках и подходах к ним при числе полос больше трех следует принимать  $f_n = 0,50$  для всех полос.

Т а б л и ц а 6 . 3

Значение суммарных коэффициентов  $S_{сумi}$  приведения

транспортных средств к расчетной нагрузке  $Q_p$

Тип транспортных средств	Коэффициент приведения к расчетной нагрузке $S_{сумi}$		
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
Легковые автомобили	0	0	0
Грузовые автомобили грузоподъемностью до 2 т, микроавтобусы	0,005	0,003	0,0015
Грузовые автомобили грузоподъемностью 2...5 т, автобусы малого класса	0,2	0,13	0,063
Грузовые автомобили грузоподъемностью 5...8 т, автобусы среднего класса	0,7	0,46	0,22
Грузовые автомобили грузоподъемностью свыше 8 т, автобусы большого класса	1,25	0,82	0,40
Автопоезда	1,5	0,99	0,47

Суммарное число приложений расчетной нагрузки на поверхности дорожной конструкции за срок службы одежды

$$N_{\text{сум}} = 0,7 \cdot N_p \cdot K_c \cdot T_p \cdot K_B \cdot q^{-19}, \quad (6.2)$$

где  $N_p$  – приведенная интенсивность воздействия нагрузки;

$K_c$  – коэффициент суммирования (табл. 6.4), принимаемый в зависимости от срока службы дорожной одежды  $T_{\text{сл}}$  (табл. 6.5) и показателя изменения интенсивности движения по годам  $q$  (см. табл. 6.4);

$T_p$  – расчетное число дней в году (табл. 6.6);

$K_B$  – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого (табл. 6.7).

Показатель изменения интенсивности движения по годам  $q = 0,9 \dots 1,0$ .

Для упрощения расчетов можно принять  $q = 1,0$ , тогда формула (6.2) примет вид:

$$N_{\text{сум}} = 0,7 \cdot N_p \cdot K_c \cdot T_p \cdot K_B, \quad (6.3)$$

Требуемый общий модуль упругости дорожной конструкции  $E_{\text{тр}}$  (МПа) вычисляется по эмпирической формуле

$$E_{\text{тр}} = 98,65(\lg N_{\text{сум}} - C), \quad (6.4)$$

где  $C$  – эмпирический параметр, для расчетной нагрузки группы  $A_1$  –  $C = 3,55$ ;  $A_2$  –  $C = 3,25$ ;  $A_3$  –  $C = 3,05$ .

Т а б л и ц а 6.4  
Значение коэффициента суммирования  $K_c$

Показатель интенсивности движения по годам ( $q$ )	Значение $K_c$ при сроке службы дорожной одежды $T_{\text{сл}}$ , лет			
	8	10	15	20
0,90	5,7	6,5	7,9	8,8
0,92	6,1	7,1	8,9	10,1
0,94	6,5	7,7	10,0	11,8
0,96	7,0	8,4	11,4	13,9
0,98	7,5	9,1	13,1	16,6
1,00	8,0	10,0	15,0	20,0
1,02	8,6	10,9	17,2	24,9
1,04	9,2	12,0	20,0	29,8
1,06	9,9	13,2	23,2	36,0
1,08	10,6	14,5	27,2	45,8
1,10	11,4	15,9	31,7	67,3

Т а б л и ц а 6.5

Рекомендуемый расчетный срок службы дорожной одежды  $T_{сл}$

Категория дороги	Тип дорожной одежды	Срок службы одежды $T_{сл}$ в дорожно-климатических зонах		
		I, II	III	IV, V
I	Капитальный	14...18	15...19	16...20
II	Капитальный	11...15	12...16	13...16
III	Капитальный	11...15	12...16	13...16
	Облегченный	10...13	11...14	12...15
IV	Капитальный	11...15	12...16	13...16
	Облегченный	8...10	9...11	10...12
	Переходный	3...8	3...9	3...9
V	Облегченный	8...10	9...11	10...12
	Переходный	3...8	3...9	3...9

Т а б л и ц а 6.6

Рекомендуемые значения  $T_p$  в зависимости от местоположения дороги

Номер района	Примерная географическая граница района	$T_p$ , дни
1	Зона расположения вечной мерзлоты севернее 70-й параллели	70
2	Севернее границы Онега – Архангельск – Мезень – Нарьян-Мар – 16-й меридиан – до побережья Европейской части РФ	145
3	Севернее линии Смоленск – Калуга – Рязань – Саранск – 48-й меридиан до южной границы 2-го района	125
4	Севернее линии Белгород – Воронеж – Саратов – Самара – Оренбург – 16-й меридиан до линии районов 2 и 3	135
5	Севернее линии Ростов-на-Дону – Элиста – Астрахань – до линии 4-го района	145
6	Южнее линии Ростов-на-Дону – Элиста – Астрахань для Европейской части РФ, южнее 46-ой параллели для остальных территорий	205
7	Восточная и Западная Сибирь, Дальний Восток (кроме Хабаровского и Приморских краев, Камчатской области), ограниченные с севера 70-й параллелью, с юга – 46-й	130-150
8	Хабаровский и Приморский края, Камчатская область	140

Примечания: 1. Величину  $T_p$  на границе районов следует принимать по большему значению. 2. В 7-м районе меньшие значения  $T_p$  принимаются для центральной части.

Таблица 6.7

Значения  $K_B$  для дорог разных категорий

Тип дорожной одежды	Значения $K_B$ для дорог категории				
	I	II	III	IV	V
Капитальный	1,49	1,49	1,38	1,31	–
Облегченный	–	1,47	1,32	1,26	1,06
Переходный	–	–	1,19	1,16	1,07

Независимо от результата, полученного по формуле (6.4), требуемый модуль упругости дорожной одежды должен быть не менее указанного в табл. 6.8

Таблица 6.8

Минимально допустимые значения требуемого модуля упругости дорожной одежды

Категория дороги	Суммарное минимальное расчетное число приложений нагрузки на наиболее нагруженную полосу ( $N_{\text{сум}}$ )	Минимально допустимый требуемый модуль упругости $E_{\text{тр}}$ , МПа, дорожной одежды		
		Капитального типа	Облегченного типа	Переходного типа
I	750000	230	–	–
II	500000	220	210	–
III	375000	200	200	–
IV	110000	–	150	100
V	40000	–	100	50

## 6.2. Рекомендации по разработке конструкций дорожных одежд

Дорожные одежды капитального и облегченного типов с усовершенствованным покрытием проектируют с таким расчетом, чтобы за межремонтный срок не возникло разрушений и недопустимых (с точки зрения предусмотренных действующими нормами требований к ровности покрытия) остаточных деформаций, а воздействие природных факторов не приводило к недопустимым изменениям в ее элементах. Дорожные одежды облегченного типа с усовершенствованным покрытием рассчитывают на менее продолжительный межремонтный срок службы в отличие от дорожных одежд капитального типа, поэтому для их устройства можно применять менее долговечные и дорогостоящие материалы и облегчать



конструкцию. При проектировании дорожных одежд переходного типа, выравнивание которых не сопряжено с большими затратами (щебеночные, гравийные и подобные им покрытия), допускается накопление более значительных остаточных деформаций под действием движения. Во всех случаях для оценки напряженного состояния конструкции используют решения теории упругости.

В районах с влажным и холодным климатом на участках с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями должны быть предусмотрены мероприятия по осушению и обеспечению морозоустойчивости дорожной одежды и земляного полотна.

Запроектированная дорожная одежда должна быть не только прочной и надежной в эксплуатации, но и экономичной, возможно менее материалоемкой, особенно по расходу дефицитных материалов и энергии, а также соответствовать экологическим требованиям. Экономичность конструкции определяют путем сопоставления вариантов, оценивая сравнительную экономическую эффективность капиталовложений по действующим нормативным документам. Выбор конструкции дорожной одежды и тип покрытия обосновывают технико-экономическим анализом вариантов.

Расчетный (проектный) срок службы проектируемой дорожной одежды и требуемый уровень проектной надежности необходимо назначать на основе норм, принимаемых административными органами по согласованию с региональными дорожными организациями.

Проектирование дорожной одежды представляет собой единый процесс ее конструирования и расчета. Процесс конструирования включает: выбор вида покрытия; назначение числа конструктивных слоев и выбор материала для их устройства, размещение слоев в конструкции и назначение их ориентировочной толщины; предварительную оценку необходимости дополнительных морозозащитных мероприятий с учетом дорожно-климатической зоны, типа грунта рабочего слоя земляного полотна и схемы его увлажнения на различных участках.

При конструировании дорожной одежды надо руководствоваться следующими принципами: тип дорожной одежды, ее конструкция, вид покрытия должны удовлетворять транспортно-эксплуатационным требованиям, предъявляемым к автомобильной дороге данной категории, и ожидаемым составу и интенсивности движения с учетом их изменения в течение заданных межремонтных сроков и предполагаемых условий ремонта и содержания; конструкция одежды может быть типовой или разрабатываться индивидуально для каждого участка или ряда участков дороги, характеризующихся сходными природными условиями (грунт рабочего слоя земляного полотна, условия его увлажнения, климат, обеспеченность местными материалами и др.) и расчетными нагрузками. При выборе конструкции для данных условий предпочтение следует отдавать проверенной на практике типовой конструкции; в районах, не обеспечен-

ных стандартными каменными материалами, допускается применять местные каменные материалы, побочные продукты промышленности и грунты, свойства которых могут быть улучшены обработкой их вяжущими (цемент, битум, известь, активные золы уноса и др.); конструкция должна быть технологичной и обеспечивать возможность максимальной механизации и индустриализации дорожно-строительных процессов (для достижения этой цели число слоев и видов материалов в конструкции должно быть минимальным).

При назначении типа покрытия для разных вариантов конструкций дорожных одежд следует руководствоваться положениями действующих нормативных документов на дорожно-строительные материалы и изделия (СНиП 2.05.02–85\*), а для дорог промышленных предприятий – СНиП 2.05.07–91\*.

При выборе материалов для устройства слоев дорожной одежды необходимо учитывать следующие положения: покрытие и верхние слои основания должны соответствовать проектным воздействующим нагрузкам и быть водо-, морозо- и термоустойчивыми; материал для верхнего слоя асфальтобетонного покрытия должен соответствовать действующему ГОСТ 9128–97 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия»; в районах с количеством осадков 500 мм/год следует применять высокоплотный либо плотный асфальтобетон с показателем пористости (водонасыщения), соответствующим нижнему допустимому пределу; в районах с сухим климатом (среднегодовое количество осадков менее 400 мм/год) используют плотный асфальтобетон с показателем пористости (водонасыщения), соответствующим верхнему допустимому пределу; при перспективной интенсивности движения до 3000 авт./сут и при стадийном строительстве допускается устройство покрытия из пористого асфальтобетона с поверхностной обработкой или из высокопористого с двойной поверхностной обработкой; конструкция дорожной одежды в местах остановок общественного транспорта, на регулируемых пересечениях и в других местах, где происходит частое изменение скорости или движение на пониженных скоростях, должна обеспечивать повышенную сдвигоустойчивость при высоких летних температурах, для чего в покрытии предусматривают укладку асфальтобетонных смесей типов А и Б, высокоплотных смесей, а в основании – крупнозернистых асфальтобетонных смесей либо каменных материалов, укрепленных цементом. Основные задачи при конструировании пакета асфальтобетонных слоев – оптимизировать толщину верхнего слоя из плотного или высокоплотного асфальтобетона и сократить количество слоев. При стадийном строительстве или возможном перспективном повышении капитальности дорожной одежды допускается применение холодного асфальтобетона при соответствующем технико-экономическом обосновании.

При выборе материала для несущего слоя основания надо учитывать капитальность (тип) дорожной одежды, вид покрытия, а также деформационные и теплофизические свойства материалов и грунтов, укрепленных органическими и неорганическими вяжущими. Асфальтобетонную часть несущего основания следует предусматривать, как правило, однослойной. Двухслойное асфальтобетонное основание допустимо применять лишь при использовании в его нижнем слое асфальтобетона пониженной сдвигоустойчивости (высокопористый, песчаный). При устройстве основания из минеральных материалов следует ориентироваться на имеющийся в регионе опыт строительства и эксплуатации дорог. Материалы должны удовлетворять требованиям СНиП 2.05.02–85\* или местным технологическим условиям, утвержденным в установленном порядке.

Основание из зернистых материалов должно быть, как правило, двухслойным: несущий слой из жестких и сдвигоустойчивых материалов (щебень, гравий, щебеночно- или гравийно-песчаные смеси, материалы и грунты, укрепленные неорганическим вяжущим) и дополнительный слой, выполняющий морозозащитные и дренирующие функции. Если в дополнительном слое основания применяют однородный песок со степенью неоднородности (по ГОСТ 25100) менее 3, то поверх него предусматривают укладку защитного (технологического) слоя из щебеночно-гравийно-песчаных смесей, отсевов дробления изверженных пород, гравелистых или крупных песков оптимального состава, а также из цементопеска. При степени неоднородности песка 2–3 толщина защитного слоя принимается равной 10 см, при степени неоднородности менее 2 устраивают защитный слой толщиной 15...20 см. При устройстве защитного слоя можно применять геотекстильные материалы.

Дополнительные слои основания совместно с верхними слоями и покрытием должны обеспечивать конструкции необходимые прочность, морозоустойчивость, а также дренирующую способность. Нижние слои основания, особенно из зернистых материалов, должны сопротивляться сдвиговым напряжениям. На магистральных дорогах с тяжелым и скоростным движением основания следует устраивать преимущественно из укрепленных материалов. Толщину слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее и укладываемых на верхний слой основания из материалов, укрепленных цементом, для ограничения появления «отраженных» трещин на покрытии нужно принимать, как правило, не менее толщины слоев, укрепленных цементом. При этом минимальная толщина слоев с органическими вяжущими должна быть 18 см для одежд капитального типа и 12 см – облегченного. В случае применения материалов, укрепленных комплексными и медленно твердеющими гидравлическими вяжущими, толщина слоя может быть снижена на 20 %, а в условиях IV, V дорожно-климатических зон – на 30 %.

Толщину отдельного слоя предварительно назначают в диапазоне от конструктивной минимальной толщины до практически принятых значений (например, в типовых проектах) для данного региона, ориентировочно 10...20 см.

При проектировании дорожных одежд с покрытиями переходного типа надо стремиться к тому, чтобы она состояла из 1-2 слоев. Для покрытий, устраиваемых по способу заклинки, применяют фракционированный щебень естественных горных пород, щебень из горнорудных отходов и малоактивных металлургических шлаков, согласно действующим ГОСТам: «Щебень из естественного камня для строительных работ» и «Щебень шлаковый доменный и сталеплавильный для дорожного строительства». При конструировании дорожных одежд переходного типа как первоочередной конструкции на первой стадии строительства необходимо использовать материалы, которые отвечают требованиям, предъявляемым к материалам для устройства слоев основания под усовершенствованные покрытия. Для сокращения первоначальных затрат при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается устраивать упрощенные конструкции, движение по которым в неблагоприятный период года должно быть ограничено по нагрузке на ось транспортных средств, по скорости и интенсивности.

Дорожные одежды с покрытием из обработанных или необработанных малопрочных материалов на песчаном, гравийном и щебеночном основаниях или на основаниях из укрепленного грунта допускаются в IV и V дорожно-климатических зонах при интенсивности движения не более 100 авт./сут с нагрузкой на ось не более 70 кН. При большей интенсивности движения всегда следует предусматривать обработку малопрочных материалов органическими и неорганическими вяжущими.

Шлаковый щебень из высокоактивных и активных шлаков применяют для устройства покрытий на автомобильных дорогах IV, V категорий и оснований (из улучшенных и неулучшенных шлаков) на дорогах II, III, IV категорий. Щебень неустойчивой структуры из активных шлаков можно использовать только в основаниях, а щебень из малоактивных шлаков неустойчивой структуры – после приобретения ими устойчивой структуры.

Конструкцию дорожной одежды рекомендуется принимать по типовым проектным решениям, разработанным для различных категорий дорог.

Примеры проектных решений дорожных одежд для дорог II–IV категорий приведены на рис. 6.2.

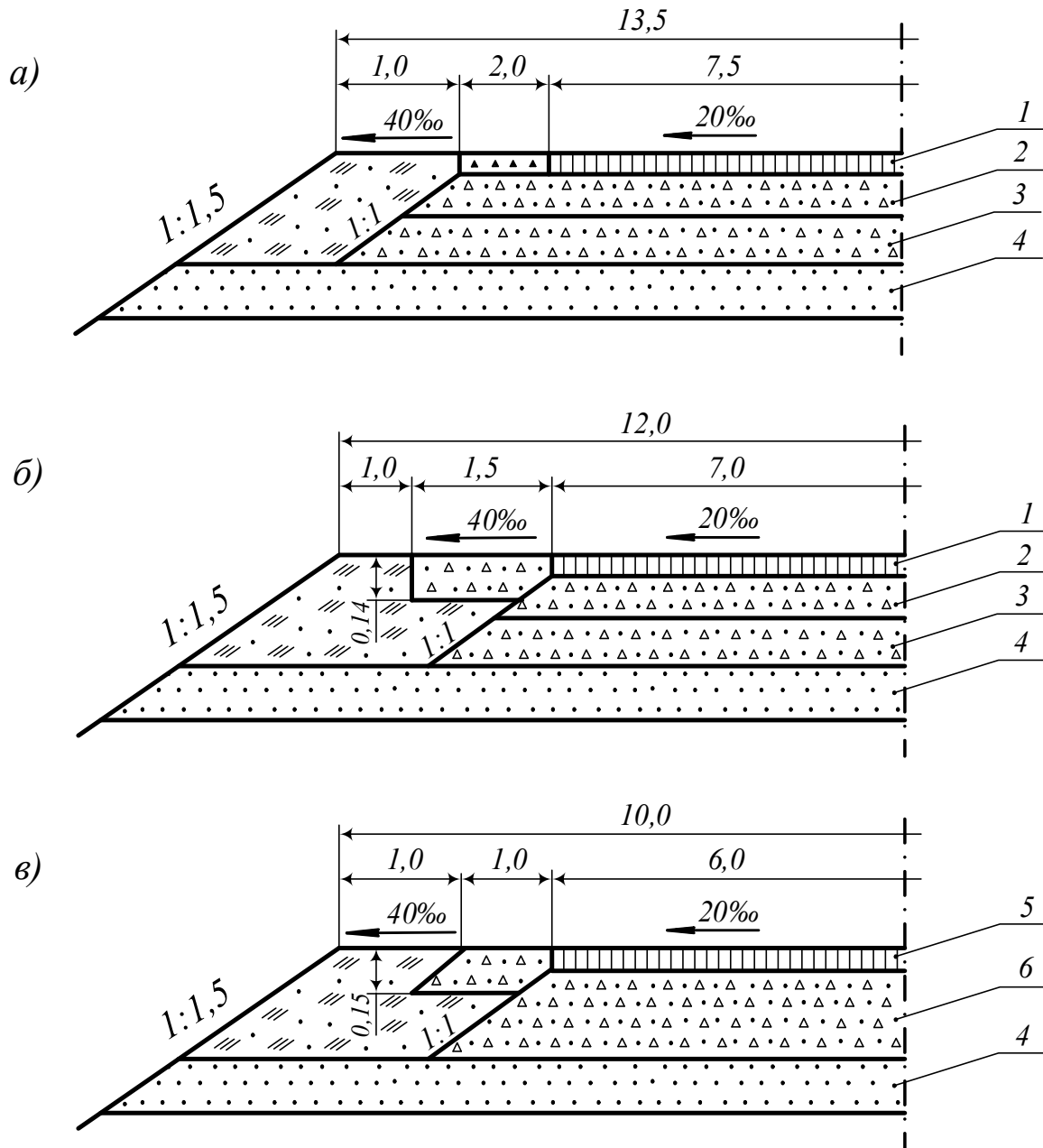


Рис. 6.2. Примеры проектных решений дорожных одежд:  
*a* – II категория (две полосы движения); *б* – III категория; *в* – IV категория;  
 1 – асфальтобетон мелкозернистый щебеночный из горячей смеси типа «В» марки II толщиной 6 см с одинарной поверхностной обработкой толщиной 1 см;  
 2 – щебень фракций 40...70 мм толщиной 12 см; 3 – щебень фракций 40...70 мм (толщина по расчету); 4 – песок крупнозернистый толщиной 20 см;  
 5 – асфальтобетон мелкозернистый щебеночный из горячей смеси типа «В» марки III толщиной 6 см с одинарной поверхностной обработкой толщиной 1 см;  
 6 – щебень доменного шлака фракций 40...70 мм (толщина по расчету)

### 6.3. Определение расчетных характеристик грунта рабочего слоя земляного полотна

Расчетные характеристики грунта рабочего слоя земляного полотна назначаются в зависимости от его расчетной влажности  $W_p$  (табл. 6.9).

Т а б л и ц а 6 . 9

Грунт	Модуль упругости грунта (МПа) при расчетной влажности $W_p$									
	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Песок: крупный	130									
средней крупности	120									
мелкий	100									
однородный	75									
пылеватый	96	90	84	78	72	66	60	54	48	43
Супесь: легкая	70	60	56	53	49	45	43	42	41	40
пылеватая, тяжелая пылеватая	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25
крупная легкая	65									
Суглинок: легкий	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23
тяжелый	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23
Легкий пылеватый	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25
тяжелый пылеватый	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25
Глины	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23

Расчетную влажность грунта  $W_p$  определяют по формуле

$$W_p = (W_{\text{таб}} + \Delta W_1 - \Delta W_2) \cdot (1 + 0,1t) - \Delta W_3, \quad (6.5)$$

где  $W_p$  – среднее многолетнее значение относительной влажности грунта (табл. 6.10);

$\Delta W_1$  – поправка на особенности рельефа (табл. 6.11);

$\Delta W_2$  – поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин (табл. 6.12);

$t$  – коэффициент нормирования отклонения влажности грунта, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности

дорожной конструкции по табл. 6.13; требуемый уровень надежности дорожной конструкции принимается по табл. 6.14;

$\Delta W_3$  – поправка на влияние суммарной толщины стабильных слоев дорожной одежды  $z$ , принимается по графикам (рис. 6.3).

Схема увлажнения рабочего слоя земляного полотна дороги устанавливается по табл. 6.15 в зависимости от типа местности с учетом характера увлажнения и особенностей конструкции земляного полотна.

Т а б л и ц а 6 . 1 0

Среднее значение влажности в долях от границы текучести для грунтов

Дорожно-климатическая зона, подзона	Схема увлажнения рабочего слоя	Среднее значение влажности $W_{\text{таб}}$ (доли от границы текучести)			
		Супесь легкая	Песок пылеватый	Суглинки: легкий, тяжелый, тяжелый пылеватый. Глины	Супеси: пылеватая, тяжелая пылеватая. Суглинок легкий пылеватый
1	2	3	4	5	6
I <sub>1</sub>	1	0,53	0,57	0,62	0,65
	2	0,55	0,59	0,65	0,67
	3	0,57	0,62	0,67	0,70
I <sub>2</sub>	1	0,57	0,57	0,62	0,65
	2	0,59	0,62	0,67	0,70
	3	0,62	0,65	0,70	0,75
I <sub>3</sub>	1	0,60	0,62	0,65	0,70
	2	0,62	0,65	0,70	0,75
	3	0,65	0,70	0,75	0,80
II <sub>1</sub>	1	0,60	0,62	0,65	0,70
	2	0,63	0,65	0,68	0,73
	3	0,65	0,67	0,70	0,75
II <sub>2</sub>	1	0,57	0,59	0,62	0,67
	2	0,60	0,62	0,65	0,70
	3	0,62	0,64	0,67	0,72
II <sub>3</sub>	1	0,63	0,65	0,68	0,73
	2	0,66	0,68	0,71	0,76
	3	0,68	0,70	0,73	0,78
II <sub>4</sub>	1	0,60	0,62	0,65	0,70
	2	0,63	0,65	0,68	0,73
	3	0,65	0,67	0,70	0,75
II <sub>5</sub>	1	0,65	0,67	0,70	0,75
	2	0,68	0,70	0,73	0,78
	3	0,70	0,72	0,75	0,80
	1	0,62	0,64	0,67	0,72

Окончание табл. 6.10

1	2	3	4	5	6
II <sub>6</sub>	2	0,65	0,67	0,70	0,75
	3	0,67	0,69	0,72	0,77
III <sub>1</sub>	1	0,55	0,57	0,60	0,63
	2,3	0,59	0,61	0,63	0,67
III <sub>2</sub>	1	0,58	0,60	0,63	0,66
	2,3	0,62	0,64	0,66	0,70
III <sub>3</sub>	1	0,55	0,57	0,60	0,63
	2,3	0,59	0,61	0,63	0,67
IV	1	0,53	0,55	0,57	0,60
	2,3	0,57	0,58	0,60	0,64
V	1	0,52	0,53	0,54	0,57
	2,3	0,55	0,56	0,57	0,60

Примечание. Указанными значениями  $W_{\text{таб}}$  можно пользоваться только при обеспечении возвышения земляного полотна в соответствии со СНиП 2.05.02–85\*; для участков, где оно не обеспечивается (например, в нулевых местах и в выемках с близким залеганием грунтовых вод)  $W_{\text{таб}}$  назначается по данным прогнозов, но не менее чем на 0,03 выше табличных значений.

Таблица 6.11

Значения поправки  $\Delta W_1$ 

Тип местности по рельефу	Поправка $\Delta W_1$
Равнинные районы	0
Предгорные районы (до 1000 м выше уровня моря)	0,03
Горные районы (более 1000 м выше уровня моря)	0,05

Таблица 6.12

Значения поправки  $\Delta W_2$ 

Конструктивная особенность	Поправка $\Delta W_2$ для дорожно-климатических зон			
	II	III	IV	V
1	2	3	4	5
Основание дорожной одежды, включая слои на границе раздела с земляным полотном: из укрепленных материалов, крупнообломочного грунта и песка	0,04	0,04	0,03	0,03
супеси	0,05	0,05	0,05	0,04
пылеватых песков и супесей, суглинка, зологрунта	0,08	0,08	0,06	0,05



Окончание табл. 6.12

1	2	3	4	5
Укрепление обочин (не менее 2/3 их ширины): асфальтобетоном щебнем, гравием	0,05	0,04	0,03	0,02
	0,02	0,02	0,02	0,02
Дренаж с продольными трубчатыми дренами	0,05	0,03		
Устройство гидроизолирующих прослоек из полимерных материалов	0,05	0,05	0,03	0,03
Устройство теплоизолирующего слоя, предотвращающего промерзание	Снижение расчетной влажности до полной влагоемкости при требуемом коэффициенте уплотнения грунта			
Грунт в активной зоне земляного полотна в «обойме»	Снижение расчетной влажности до оптимальной			
Грунт, уплотненный до коэффициента уплотнения 1,03...1,05 в слое 0,3...0,5 м от низа дорожной одежды, расположенном ниже границы промерзания	0,03...0,05			

Таблица 6.13

Коэффициенты нормированного отклонения  $t$  влажности грунта и прочности асфальтобетонных слоев

Категория дороги	Заданный уровень надежности $K_n$	Коэффициент нормированного отклонения $t$
I	0,98	2,19
	0,95	1,71
II, III	0,95	1,71
	0,90	1,32
IV	0,90	1,32
	0,85	1,06
V	0,85	1,06
	0,80	0,84

Примечание. Уровень надежности дорожной конструкции назначается в зависимости от категории дороги по данной таблице с учетом типа дорожной одежды.

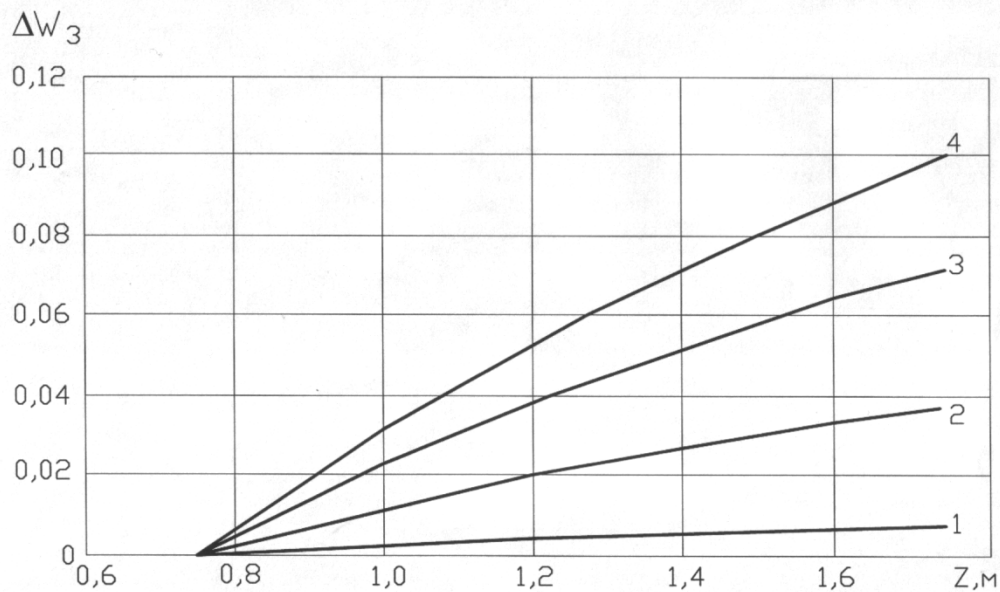


Рис. 6.3. Графики для определения поправки  $\Delta W_3$ :  
 1 – для исходной относительной влажности  $0,75W_T$ ; 2 – то же,  $0,8W_T$ ;  
 3 – то же,  $0,85W_T$ ; 4 – то же,  $0,9W_T$

Таблица 6.14

Требуемые минимальные коэффициенты прочности при заданных уровнях надежности для расчета дорожных одежд по различным критериям прочности

Тип дорожной одежды	Категория дороги	Предельный коэффициент разрушения	Заданная надежность $K_H$	Требуемый коэффициент прочности по критериям	
				упругого прогиба	сдвига и растяжения при изгибе
1	2	3	4	5	6
Капитальный	I	0,02	0,98	1,50	1,10
	I	0,05	0,95	1,30	1,00
	II	0,02	0,98	1,38	1,10
	II	0,05	0,95	1,20	1,00
	III	0,10	0,98	1,29	1,10
	III	0,10	0,95	1,17	1,00
	III	0,10	0,90	1,10	0,94
	IV	0,10	0,95	1,17	1,00
	IV	0,10	0,90	1,10	0,94
	IV	0,10	0,85	1,06	0,90
Облегченный	III	0,15	0,98	1,29	1,10
	III	0,15	0,95	1,17	1,00
	III	0,15	0,90	1,10	0,94
	IV	0,15	0,95	1,17	1,00
	IV	0,15	0,90	1,10	0,94
	IV	0,15	0,85	1,06	0,90

Окончание табл. 6.14

1	2	3	4	5	6
	IV	0,15	0,80	1,02	0,87
	V	0,15	0,95	1,13	1,00
	V	0,15	0,90	1,06	0,94
	V	0,15	0,80	0,98	0,87
	V	0,15	0,70	0,90	0,80
Переходный	IV	0,40	0,95	1,17	1,00
	IV	0,40	0,90	1,10	0,94
	IV	0,40	0,85	1,06	0,90
	IV	0,40	0,80	1,02	0,87
	V	0,40	0,95	1,13	1,00
	V	0,40	0,90	1,06	0,94
	V	0,40	0,80	0,98	0,87
	V	0,40	0,70	0,90	0,80

Примечание. Дорожные одежды переходного типа по критерию растяжения не рассчитывают.

Таблица 6.15

## Расчетные схемы увлажнения рабочего слоя земляного полотна

Схема увлажнения	Источники увлажнения	Условия отнесения к данному типу увлажнения
1	2	3
1	Атмосферные осадки	Для насыпей на участках 1-го типа местности по условиям увлажнения. Для насыпей на участках местности 2-го и 3-го типов по условиям увлажнения при возвышении поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых и поверхностных вод или над поверхностью земли, более чем в 1,5 раза превышающем требования табл. 4.2. Для насыпей на участках 2-го типа при расстоянии от уреза поверхностной воды (отсутствующей не менее 2/3 летнего периода) более 5–10 м при супесях; 2–5 м при легких пылеватых суглинках и 2 м при тяжелых пылеватых суглинках и глинах (меньшие значения следует принимать для грунтов с большим числом пластичности; при залегании различных грунтов – принимать наибольшие значения). В выемках в песчаных и глинистых грунтах при уклонах кюветов более 20 ‰ (в I, II, III дорожно-климатических зонах) и при возвышении поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод, более чем в 1,5 раза превышающем требования табл. 4.2

## Окончание табл. 6.15

1	2	3
		При применении специальных методов регулирования водно-теплового режима (капилляропрерывающие, гидроизолирующие, теплоизолирующие и армирующие прослойки, дренаж и т.п.), назначаемых по специальным расчетам
2	Кратковременно стоящие (до 30 сут) поверхностные воды; атмосферные осадки	Для насыпей на участках 2-го типа местности по условиям увлажнения при возвышении поверхности покрытия, не менее требуемого по табл. 4.2 и не более чем в 1,5 раза превышающем эти требования, и при крутизне откосов не менее 1:1,5 и простом (без берм) поперечном профиле насыпи. Для насыпей на участках 3-го типа местности при применении специальных мероприятий по защите от грунтовых вод (капилляропрерывающие и гидроизолирующие слои, дренаж), назначаемых по специальным расчетам, отсутствию длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод и выполнении условий предыдущего абзаца. В выемках в песчаных и глинистых грунтах при уклонах кюветов менее 20 ‰ (в I, II дорожно-климатических зонах) и возвышении поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод, более чем в 1,5 раза превышающем требования табл. 4.2
3	Грунтовые или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды; атмосферные осадки	Для насыпей на участках 3-го типа местности по условиям увлажнения при возвышении поверхности покрытия, отвечающем требованиям табл. 4.2, но не превышающем их более чем в 1,5 раза. То же, для выемок, в основании которых имеется уровень грунтовых вод, расположение по глубине не превышает требования табл. 4.2 более чем в 1,5 раза.

#### 6.4. Назначение расчетных характеристик конструктивных слоев дорожной одежды

Расчетные характеристики покрытия, основания и дополнительного слоя основания дорожной одежды назначаются по рекомендациям, приведенным в табл. 6.16...6.19.

Таблица 6.16

Минимальная толщина конструктивных слоев дорожной одежды

Наименование материала	Толщина слоя, см
Асфальтобетон крупнозернистый	6...7
Асфальтобетон мелкозернистый	3...5
Асфальтобетон песчаный	3...4
Щебень или гравий, обработанные органическими вяжущими	8
Щебень или гравий (не обработанные вяжущими): на песчаном основании	15
на основании из каменных материалов или из укрепленного грунта	8
Каменные материалы и грунты, обработанные органическими или неорганическими вяжущими	10

Примечания: 1. Большие толщины асфальтобетонных покрытий следует принимать для дорог I и II категорий. 2. Толщину конструктивного слоя необходимо принимать не менее чем в 1,5 размера наиболее крупной фракции применяемого в слое минерального материала. 3. В случае укладки каменных материалов на глинистые и суглинистые грунты следует предусматривать прослойку толщиной не менее 10 см из песка, высевок, укрепленного грунта или других водостойчивых материалов.

Таблица 6.17

Расчетные модули упругости дорожно-строительных материалов

Материал	Расчетное значение модуля упругости $E$ , МПа
Черный щебень, уложенный по способу заклинки	600...900
Слой щебня, уложенного по способу пропитки вязким битумом и битумной эмульсией	400...500
Слой щебня, укрепленного цементом	550...650
Черный гравий	400...500
Слой гравия, уложенного по способу пропитки вязким битумом и битумной эмульсией	300...350
Щебень фракционированный	350...450
Щебень малопрочный	250...300
Гравий (крупная смесь)	250
Гравий (мелкая смесь)	150
Песчано-гравийная смесь	180
Песок крупный	130
Песок средней крупности	120

Таблица 6.18

Значения кратковременного модуля упругости асфальтобетонов  
различных составов при расчете конструкции  
по допускаемому упругому прогибу и условию сдвигоустойчивости

Материал	Битум	Кратковременный модуль упругости $E$ (МПа) при температуре покрытия ( $^{\circ}\text{C}$ )				
		+10	+20	+30	+40	+50 (60)
Плотный и высокоплотный асфальтобетон	Вязкий БДН:					
	40/60	4400	2600	1550	850	520
	60/90	3200	1800	1100	650	460
	90/130	2400	1200	550	550	420
	130/200	1500	800	670	460	380
	200/300	1200	600	500	420	360
	Жидкий:					
	БГ 70/130	1000	420	400	350	350
	СГ 130/200	1000	420	400	350	350
	СГ 70/130	800	360	350	350	350
МГ 70/130	800	360	350	350	350	
Пористый и высокопористый асфальтобетон	Вязкий БНД:					
	40/60	2800	1700	900	540	390
	60/90	2000	1200	700	460	360
	90/130	1400	800	510	380	350
	130/200	1100	600	400	340	340
200/300	950	450	350	330	330	
Асфальтобетон холодный:		1300				
Бх						
Вх	—	1100	—	—	—	—
Гх		900				
Дх		750				

Таблица 6.19

Минимальная толщина дополнительного слоя основания дорожной одежды

Материал дополнительного слоя	Толщина дополнительного слоя, см					
	во II дорожно-климатической зоне для дорог категорий		в III дорожно-климатической зоне для дорог категорий		в IV дорожно-климатической зоне для дорог категорий	
	I – III	IV	I – III	IV	I – III	IV
Гравий	20	20	15	15	10	10
Песчано-гравийная смесь	25	20	20	15	15	15
Песок крупный	30	25	25	20	20	15
Песок средней крупности	30	30	30	25	25	20
Песок мелкий	35	30	30	25	25	20

Примечание. При грунте земляного полотна из мелкого песка дополнительный слой не вводится.

## 6.5. Расчёт нежёсткой дорожной одежды по критерию упругого прогиба

Конструкция дорожной одежды в целом удовлетворяет требованиям прочности и надёжности по величине упругого прогиба при условии

$$K_n \leq \frac{l_{\text{доп}}}{l} = \frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{тр}}}, \quad (6.6)$$

где  $K_n$  – коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба; принимается в зависимости от требуемого уровня надёжности по табл. 6.14;

$l_{\text{доп}}, l$  – соответственно допускаемый и общий расчётный прогибы дорожной одежды под расчётной нагрузкой;

$E_{\text{общ}}, E_{\text{тр}}$  – соответственно общий расчётный и требуемый модули упругости дорожной одежды.

Из формулы (6.6) можно найти общий модуль упругости дорожной одежды  $E_{\text{общ}}$  при заданном коэффициенте прочности  $K_n$ :

$$E_{\text{общ}} = K_n \cdot E_{\text{тр}}. \quad (6.7)$$

Для выполнения расчётов по критерию упругого прогиба необходимо составить расчётную схему дорожной конструкции. Пример пятислойной дорожной конструкции (два слоя покрытия, два слоя основания и дополнительный слой) приведён на рис. 6.4.

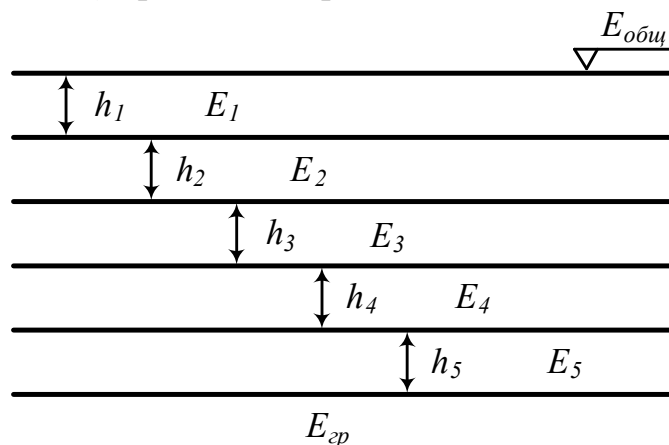


Рис.6.4. Расчётная схема дорожной одежды:

$h_1, h_2, h_3, h_4, h_5$  – толщина слоёв;  $E_1, E_2, E_3, E_4, E_5$  – модули упругости слоёв;

$E_{\text{общ}}$  – общий модуль упругости дорожной одежды;

$E_{\text{тр}}$  – модуль упругости грунта земляного полотна

Расчёт дорожной одежды сводится к определению толщины одного из слоёв основания, например  $h_4$ . Остальные параметры, указанные на рис. 6.4, вычисляются или выбираются. Для определения  $h_4$  необходимо многослойную систему разбить на двухслойные (рис. 6.5).

Расчет дорожной конструкции (определение  $h_4$ ) по критерию упругого прогиба производится с использованием номограммы (рис. 6.6), составленной для двухслойной системы. Эта номограмма связывает между собой три параметра:  $E_{общ}/E_B$  – цифры на кривых;  $E_H/E_B$  – ось ординат;  $h/D$  – ось абсцисс.

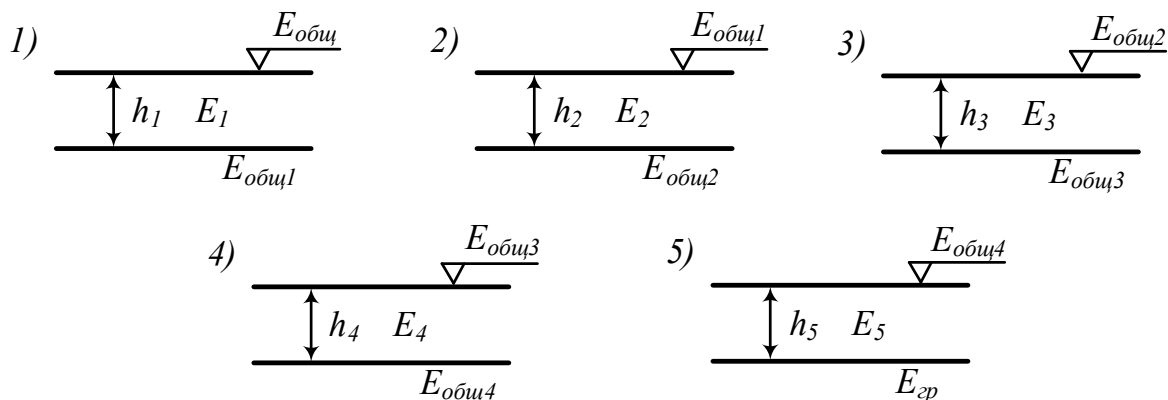


Рис.6.5. Схема разбивки многослойной системы на двухслойные:  
 $E_{общ1}$ ,  $E_{общ2}$ ,  $E_{общ3}$ ,  $E_{общ4}$  – соответственно общие модули упругости конструкции ниже первого, второго, третьего и четвертого слоёв

Например, для первой двухслойной системы (рис. 6.5) при известных  $E_{общ}$ ,  $h_1$ ,  $E_1$  необходимо определить  $E_{общ}$  – общий модуль упругости всех слоев, расположенных ниже первого. Для этого из точки с координатой  $h_1/D$  ( $h/D$ ) на оси абсцисс восстанавливаем перпендикуляр до кривой со значением  $E_{общ}/E_1$  ( $E_{общ}/E_B$ ) и из точки их пересечения проводим перпендикуляр к оси ординат, что дает значение  $E_{общ1}/E_1$  ( $E_H/E_B$ ). Так как  $E_1$  известно, из последнего отношения находится  $E_{общ1}$ . Аналогично производится расчет второй и третьей двухслойных систем.

Расчетная схема четвертой двухслойной системы содержит два неизвестных ( $h_4$  и  $E_{общ4}$ ); поэтому задача нерешаема и необходимо перейти к рассмотрению пятой двухслойной системы, а затем вернуться к четвертой.



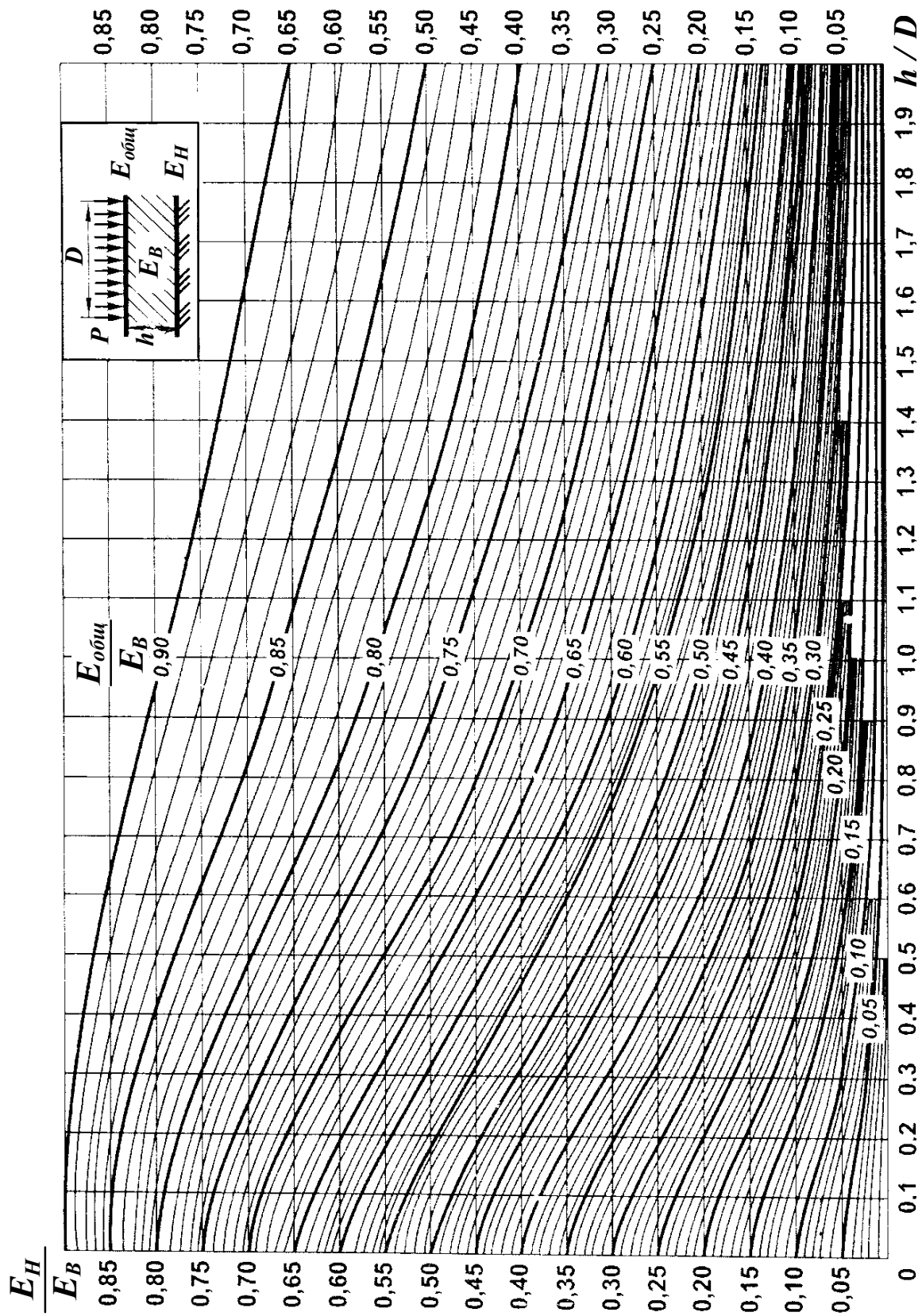


Рис. 6.6. Номограмма для расчета жесткости дорожной одежды по критерию упругого прогиба

### Пример 6.1

Спроектировать дорожную одежду при следующих исходных данных:

- категория дороги III;
- дорожно-климатическая зона района проложения трассы – III;
- схема увлажнения рабочего слоя грунта – 2;
- материал рабочего слоя грунта земляного плотна – глина;
- состав и интенсивность транспортного потока (см. пример 1.1);

Типы транспортных средств	Интенсивность движения в фактических единицах ( $n_i$ ), авт./сут
Грузовые автомобили грузоподъемностью до 2 т и микроавтобусы	536
Грузовые автомобили грузоподъемностью 2...5 т и автобусы малого класса	416
Грузовые автомобили грузоподъемностью 5...8 т и автобусы среднего класса	327
Грузовые автомобили грузоподъемностью свыше 8т и автобусы большого класса	203
Автопоезда	128

- параметры расчетной нагрузки на дорожную одежду (см. табл.6.1):

Группа расчётной нагрузки  $A_1$ ; статическая нагрузка транспортного средства на поверхность покрытия  $Q_p=50$  кН; удельное давление колеса на покрытие  $p=0,6$  МПа; расчётный диаметр, приведённый к кругу отпечатка колеса на поверхности покрытия для движения автомобиля,  $D=37$  см, для неподвижного –  $D=33$  см.

#### Конструктивная разработка дорожной одежды

1. Приведенная интенсивность воздействия нагрузки от транспортных средств на дорогу

$$N_p = f_{\Pi} \sum_{m=1}^i n_i S_{\text{сум}i},$$

где  $f_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределения движения по ним: для двухполосной дороги III категории  $f_{\Pi}=0,55$  (см. табл. 6.2);

$m$  – количество типов транспортных средств в составе потока:  $m=5$ ;

$n_i$  – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств  $i$ -го типа, авт./сут;

$S_{\text{сум}i}$  – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства  $i$ -го типа к расчётной нагрузке (см. табл. 6.3).

$$N_p = 0,55(536 \cdot 0,005 + 416 \cdot 0,2 + 327 \cdot 0,7 + \\ + 203 \cdot 1,25 + 128 \cdot 1,5) = 423$$

**2.** Суммарное число приложений расчётной нагрузки на поверхности конструкции за срок службы одежды

$$N_{\text{сум}} = 0,7 N_p K_c T_p K_b,$$

где  $N_p = 423$  – приведённая интенсивность воздействия нагрузки;

$K_c$  – коэффициент суммирования, принимаемый в зависимости от срока службы дорожной одежды  $T_{\text{сл}}$  и показателя изменения интенсивности движения  $q$  по годам:  $q=1,0$  (см. табл. 6.4),  $T_{\text{сл}}=15$  лет (см. табл. 6.5),  $K_c=15,0$  (см. табл. 6.4);

$T_p$  – расчетное число дней в году: для 4-го района расположения дороги,  $T_p=135$  дней (табл. 6.6);

$K_b$  – коэффициент, учитывающий вероятное отклонение суммарного движения от среднего ожидаемого: для III категории дороги с капитальным типом покрытия  $K_b=1,38$  (см. табл. 6.7).

Получаем:

$$N_{\text{сум}} = 0,7 \cdot 423 \cdot 15,0 \cdot 135 \cdot 1,38 = 827451.$$

**3.** Требуемый общий модуль упругости дорожной одежды

$$E_{\text{тр}} = 98,65(\lg N_{\text{сум}} - C), \text{ МПа},$$

где  $N_{\text{сум}} = 827451$  (см. выше);

$C$  – эмпирический параметр: для расчетной нагрузки группы  $A_1$   
 $C=3,55$

$$E_{\text{тр}} = 98,65(\lg 827451 - 3,55) = 233 \text{ МПа}.$$

Полученная величина  $E_{\text{тр}}$  больше минимально допустимой величины (см. табл. 6.8), поэтому она принимается для дальнейших расчётов.

**4.** Общий модуль упругости  $E_{\text{общ}}$  дорожной одежды

$$E_{\text{общ}} = K_{\text{п}} \cdot E_{\text{тр}}, \text{ МПа},$$

где  $K_{\text{п}}$  – коэффициент прочности дорожной одежды (по критерию упругого прогиба), принимаемый в зависимости от требуемого уровня надёжности: уровень надёжности конструкции  $K_{\text{н}}=0,90$  (принят),  $K_{\text{п}}=1,1$  (см. табл. 6.14);

$$E_{\text{тр}} = 233 \text{ МПа (см. выше)}.$$

$$E_{\text{общ}} = 1,1 \cdot 233 = 256 \text{ МПа}.$$

## 5. Расчётная влажность грунта рабочего слоя земляного полотна

$$W_p = (W_{\text{таб}} + \Delta W_1 - \Delta W_2) \cdot (1 + 0,1t) - \Delta W_3,$$

где  $W_p$  – среднее многолетнее значение относительной влажности грунта: для III дорожно-климатической зоны и 2-й схемы увлажнения рабочего слоя грунта (принято условно) для глин  $W_{\text{таб}} = 0,63$  (см. табл. 6.10);

$\Delta W_1$  – поправка на особенности рельефа: для равнинного рельефа местности (принято условно)  $\Delta W_1 = 0$  (см. табл. 6.11);

$\Delta W_2$  – поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин: для III категории дороги с обочинами, укрепленными щебнем (принято условно)  $\Delta W_2 = 0,02$  (см. табл. 6.12);

$t$  – коэффициент нормирования отклонения влажности грунта: для III категории дороги при уровне надёжности конструкции  $K_n = 0,90$   $t = 1,32$  (см. табл. 6.13);

$\Delta W_3$  – поправка на влияние суммарной толщины стабильных слоёв дорожной одежды  $Z$ :  $\Delta W_3 = 0$  (рис. 6.3);

$$W_p = (0,63 + 0 - 0,02) \cdot (1 + 0,1 \cdot 1,32) - 0 = 0,69.$$

6. Модуль упругости грунта (глина) при расчётной влажности  $W_p = 0,69$  определяется по табл. 6.9:

$$E_{\text{гр}} = 41 \text{ МПа.}$$

## 7. Расчётные характеристики конструктивных слоёв покрытия.

В соответствии с рекомендациями принимаем двухслойную конструкцию покрытия:

- верхний слой из плотного мелкозернистого асфальтобетона (БНД 60/90), модуль упругости  $E_1 = 3200$  МПа (см. табл. 6.18), толщина слоя  $h_1 = 4$  см (см. табл. 6.16);

- нижний слой из пористого (крупнозернистого) асфальтобетона (БНД 90/130), модуль упругости  $E_2 = 1400$  МПа (см. табл. 6.18), толщина слоя  $h_2 = 6$  см (см. табл. 6.16).

8. Расчётные характеристики конструктивных слоёв основания дорожной одежды.

Принимаем двухслойную конструкцию основания дорожной одежды:

- верхний слой из чёрного щебня, уложенного по способу заклинки, модуль упругости  $E_3 = 900$  МПа (см. табл. 6.17), толщина слоя  $h_3 = 8$  см (см. табл. 6.16);

- нижний слой из щебня фракционного (40...80 мм), модуль упругости  $E_4 = 450$  МПа (см. табл. 6.17), толщина слоя  $h_4$  подлежит расчёту.

9. Расчётная характеристика дополнительного слоя основания дорожной одежды:

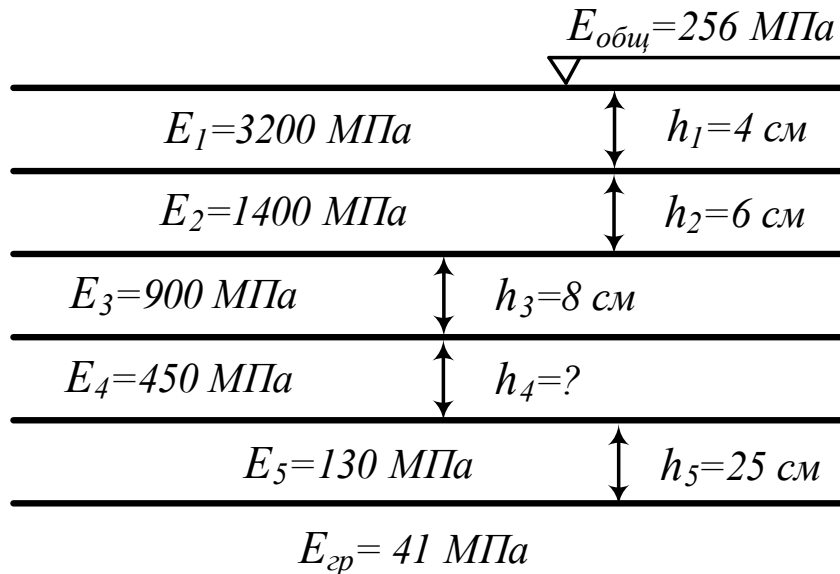
материал слоя – песок крупный;

модуль упругости –  $E_5 = 130$  МПа (см. табл. 6.17);

толщина слоя –  $h_5 = 25$  см (см. табл. 6.19).

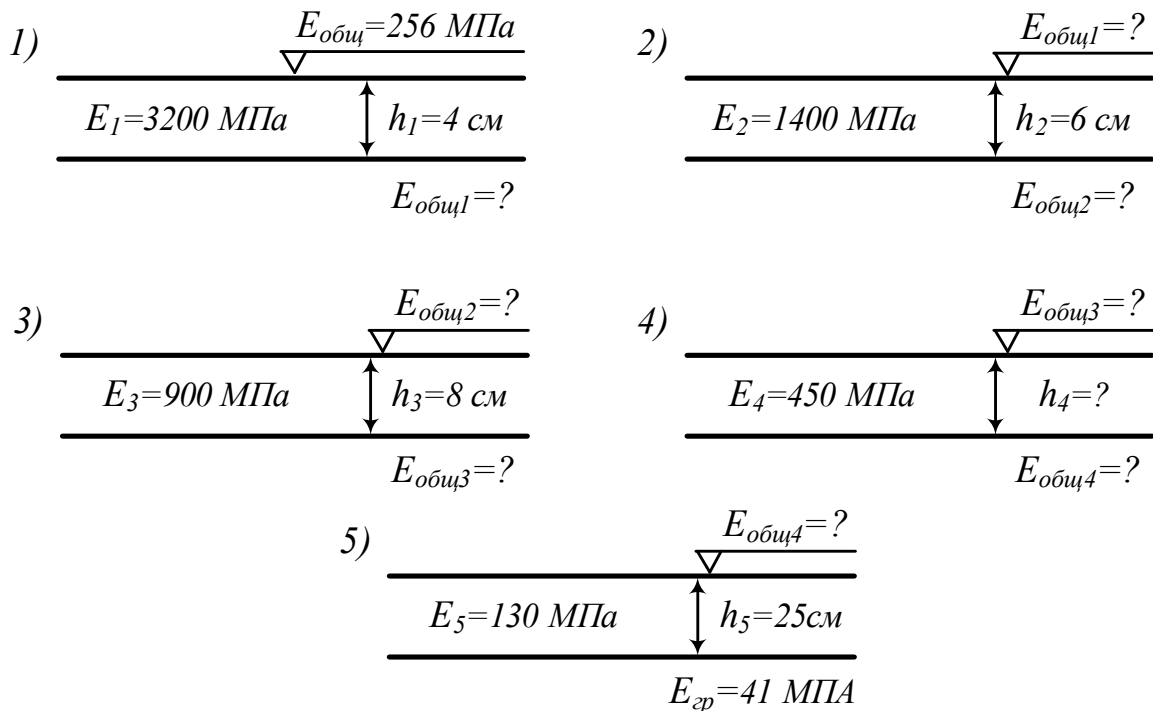
### Расчёт дорожной одежды

Расчётная схема дорожной одежды:



Расчёт дорожной конструкции (определение  $h_4$ ) по критерию упругого прогиба производится с использованием номограммы (см. рис. 6.6), составленной для двухслойной системы. Эта номограмма связывает между собой три параметра:  $E_{общ}/E_B$  – цифры на кривых;  $E_H/E_B$  – ось ординат;  $h/D$  – ось абсцисс.

Чтобы воспользоваться указанной номограммой расчленим многослойную систему на двухслойные:



Для первого слоя:

$$\frac{E_{\text{общ}}}{E_1} = \frac{256}{3200} = 0,08, \quad \frac{h_1}{D} = \frac{4}{37} = 0,11.$$

Из точки с координатой 0,11 на оси абсцисс восстановим перпендикуляр до кривой со значением 0,08 и из точки пересечения данного перпендикуляра с кривой 0,08 проводим перпендикуляр к оси ординат и находим  $E_{\text{общ1}}/E_1 = 0,07$ , тогда  $E_{\text{общ1}} = 0,07 \cdot E_1 = 0,07 \cdot 3200 = 224$  МПа.

Аналогично для второго слоя:

$$\frac{h_2}{D} = \frac{6}{37} = 0,16; \quad \frac{E_{\text{общ1}}}{E_2} = \frac{224}{1400} = 0,16;$$

$$\frac{E_{\text{общ2}}}{E_2} = 0,13; \quad E_{\text{общ2}} = 0,13 \cdot E_2 = 0,13 \cdot 1400 = 182 \text{ МПа.}$$

Для третьего слоя:

$$\frac{h_3}{D} = \frac{8}{37} = 0,22; \quad \frac{E_{\text{общ2}}}{E_3} = \frac{182}{900} = 0,2;$$

$$\frac{E_{\text{общ3}}}{E_3} = 0,15; \quad E_{\text{общ3}} = 0,15 \cdot E_3 = 0,15 \cdot 900 = 135 \text{ МПа.}$$

Расчётная схема четвёртого слоя содержит два неизвестных:  $h_4$  и  $E_{\text{общ4}}$ . Задача нерешаема; поэтому переходим к рассмотрению пятого слоя, для которого:

$$\frac{h_5}{D} = \frac{25}{37} = 0,68; \quad \frac{E_{\text{гр}}}{E_5} = \frac{41}{130} = 0,31;$$

$$\frac{E_{\text{общ4}}}{E_5} = 0,16; \quad E_{\text{общ4}} = 0,16 \cdot E_5 = 0,16 \cdot 130 = 21 \text{ МПа.}$$

Определив  $E_{\text{общ4}}$ , можно вернуться к четвёртому слою. Для определения толщины четвёртого слоя найдём отношения:

$$\frac{E_{\text{общ4}}}{E_4} = \frac{21}{450} = 0,05; \quad \frac{E_{\text{общ3}}}{E_4} = \frac{135}{450} = 0,30.$$

Из точки с координатой 0,05 на оси ординат проводим перпендикуляр к кривой со значением 0,3, из точки пересечения данного перпендикуляра с кривой опускаем перпендикуляр на ось абсцисс и находим:

$$\frac{h_4}{D} = 1,6, \quad h_4 = 1,6 \cdot D = 1,6 \cdot 37 = 59,2 \text{ см.}$$

Округляем значение  $h_4$  до 59 см.

Общая толщина дорожной одежды:

$$\delta = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = 4 + 6 + 8 + 59 + 25 = 102 \text{ см.}$$

**Порядок проектирования дорожной одежды:**

1. Назначить исходные данные для проектирования, исходя из задания, ранее выполненных расчетов и рекомендаций настоящего раздела.
2. Определить необходимый общий модуль упругости дорожной одежды.
3. Назначить конструкцию дорожной одежды.
4. Определить модуль упругости рабочего слоя грунта земляного полотна дороги.
5. Назначить расчетные характеристики конструктивных слоев дорожной одежды.
6. Произвести расчет дорожной одежды по критерию упругого прогиба.
7. Определить общую толщину дорожной одежды.
8. Составить ведомость потребности материалов для дорожной одежды по форме, приведенной в прил. 2, табл. П2.8.

## 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА

Система дорожного водоотвода состоит из ряда сооружений и конструктивных мероприятий, предназначенных для предотвращения переувлажнения земляного полотна автомобильных дорог. Она служит для перехвата и отвода воды, поступающей к земляному полотну, или для преграждения доступа ее в верхнюю часть земляного полотна и дорожную одежду.

### 7.1. Проектирование системы отвода поверхностных вод

Для отвода поверхностных вод предусматривают следующие мероприятия:

– для ускорения стока дождевой и талой воды с поверхности дороги поперечному профилю земляного полотна и дорожной одежде придают выпуклое очертание;

– для сбора и отвода воды, стекающей с поверхности дороги и с прилегающей к ней местности, устраивают боковые водоотводные каналы (кюветы), резервы, нагорные каналы, водопоглощающие колодцы, испарительные бассейны, а также сооружения, обеспечивающие отвод воды из боковых канав в сторону от земляного полотна.

Проезжей части дороги придают односкатный, двускатный или параболический профиль (рис. 7.1). 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 с меньшими радиусами целесообразным является 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) назначают в зависимости от числа полос движения и климатических условий по табл. 7.1.

Двускатный профиль применяется в большинстве случаев на дорогах с твердым покрытием; односкатный – при двух отдельных проезжих частях и на закруглениях дорог; параболический – на проезжих частях городских улиц, а также грунтовых и гравийных дорогах с серповидным профилем.



Таблица 7.1

Поперечные уклоны поверхности проезжей части

Категория дороги	Поперечный уклон (‰) в дорожно-климатической зоне			
	I	II, III	IV	V
I а) при двускатном поперечном профиле отдельной проезжей части	15	20	25	15
б) при односкатном поперечном профиле отдельной проезжей части: первая и вторая полосы от разделительной полосы третья и последующие полосы	15	20	20	15
	20	25	25	20
II – V	15	20	20	15

Примечания: 1. 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 ‰.

2. Дорожно-климатическая зона устанавливается по карте (см. прил. 4) в зависимости от района расположения дороги.

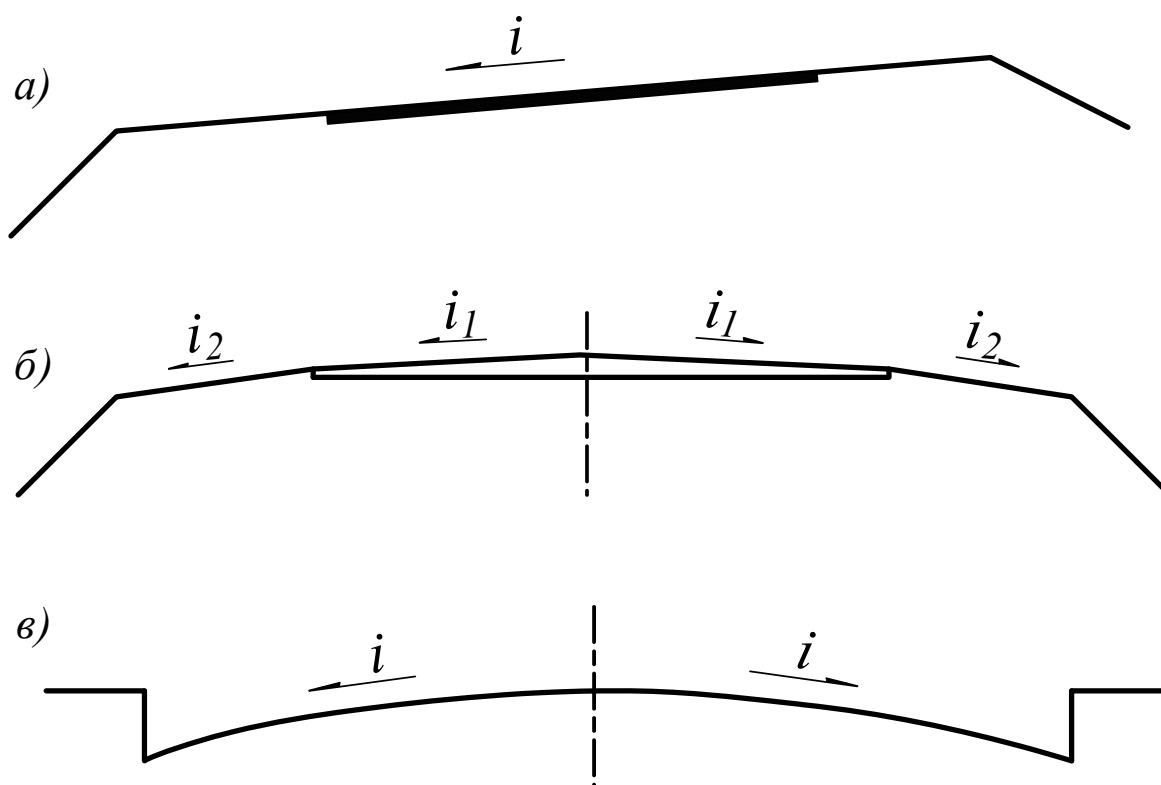


Рис. 7.1. Профили проезжей части дорог:  
а – односкатный; б – двускатный; в – параболический

Поперечные уклоны обочин ( $i_2$ ) при двускатном поперечном профиле следует принимать на 10...30 ‰ больше поперечных уклонов проезжей части. В зависимости от климатических условий и типа укрепления рекомендуются следующие величины поперечных уклонов поверхности обочин (‰):

30...40 – при укреплении с применением вяжущих (цемент, известь, битум);

40...60 – при укреплении гравием, щебнем, шлаком или замощении каменными материалами и бетонными плитами;

50...60 – при укреплении дернованием или засевом трав (для грунтовых полос обочин).

Боковые каналы (кюветы) сооружают, если дорога проходит в выемке, нулевых отметках или невысокой насыпи (высотой до 0,5 м). Они могут быть треугольного или трапецидального поперечного сечения (рис. 7.2).

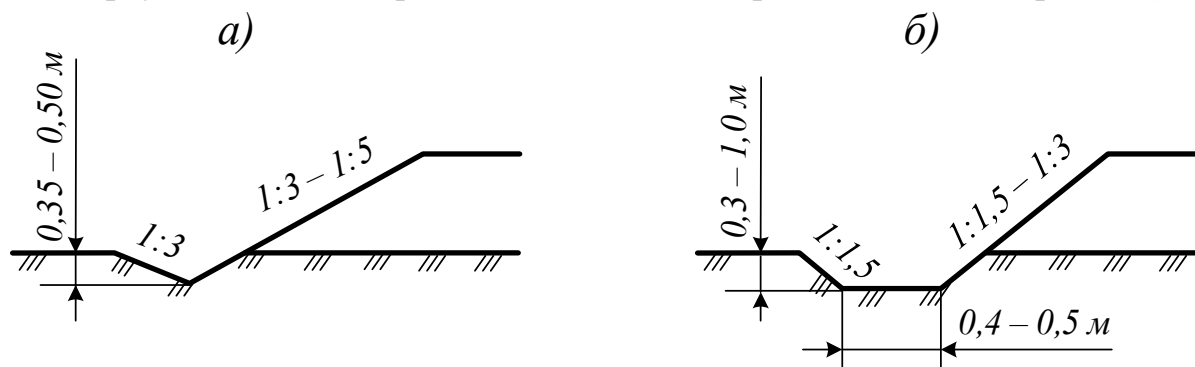


Рис. 7.2. Поперечное сечение боковых каналов (кюветов):  
а – треугольные, б – трапецидальные

В сухих местах с обеспеченным быстрым стоком поверхностных вод и глубоким расположением грунтовых вод кюветы устраивают в виде треугольных лотков (рис. 7.2, а) глубиной не менее 0,3 м и с крутизной откосов 1:3...1:5. Такие откосы боковых каналов позволяют автомобилям в случае необходимости съезжать с дороги в любом месте.

При водонепроницаемых грунтах и менее удовлетворительных условиях стока поверхностных вод кюветы устраивают трапецидального поперечного сечения (рис. 7.2, б). Глубину кювета принимают: 0,6...0,7 – супесчаные грунты; 0,8 – суглинистые и глинистые грунты; 0,9 – пылеватые грунты. В выемках глубину кювета можно принимать 0,3 м при гравелистых и щебенистых грунтах, ширину кювета по дну – 0,4...0,5 м. Наружные откосы кюветов делают с уклоном 1:1,5 и менее, внутренние – от 1:1,5 до 1:3.

Для предотвращения заиливания каналов и застоя в них воды им придаётся продольный уклон не менее 5 ‰ в I–III и не менее 3 ‰ в IV–V дорожно-климатических зонах.

Из кюветов вода должна отводиться в сторону в пониженные места рельефа или водотоки не реже чем через каждые 500 м при трапецидаль-

ном и через 150...200 м – при треугольном сечении кювета. Если дорога проходит по склону для вывода воды из канавы, расположенной с нагорной стороны, под земляным полотном сооружают перепускные трубы. Перед выемкой воду из боковых канав следует всегда отводить в сторону. В местах перехода из выемки в насыпь канавы отводят с нагорной стороны в резерв, а с низовой выводят в сторону от выемки с надлежащим укреплением.

При водопроницаемых песчаных, щебенистых, каменистых и гравелистых грунтах, обеспечивающих быстрое впитывание воды в любое время года, водоотводные канавы не делают.

Если на возведение насыпи не хватает грунта из боковых канав, их расширяют и углубляют. В этом случае их называют резервами или кюветами-резервами (рис. 7.3). Ширина и глубина резерва определяется количеством грунта, необходимого для возведения насыпи требуемого размера, но глубина не может быть более 1,0 м. Если при этом разница отметок бровки земляного полотна и дна резерва превышает 4 м, то между подошвой откоса насыпи и бровкой резерва устраивают бермы не уже 2 м с поперечным уклоном 20 ‰ в сторону резерва для обеспечения стока воды. Бермы увеличивают устойчивость насыпи и в период строительства и ремонта дороги могут использоваться для проезда. Дно резерва выполняют с поперечным уклоном 20 ‰ от дороги и продольным уклоном не менее 5 ‰. При меньшем продольном уклоне в середине резерва делают канаву шириной по дну 0,4 м. При ширине резерва по дну более 6 м его дно устраивают с двускатным поперечным профилем с канавой в середине резерва шириной 0,4...0,5 м.

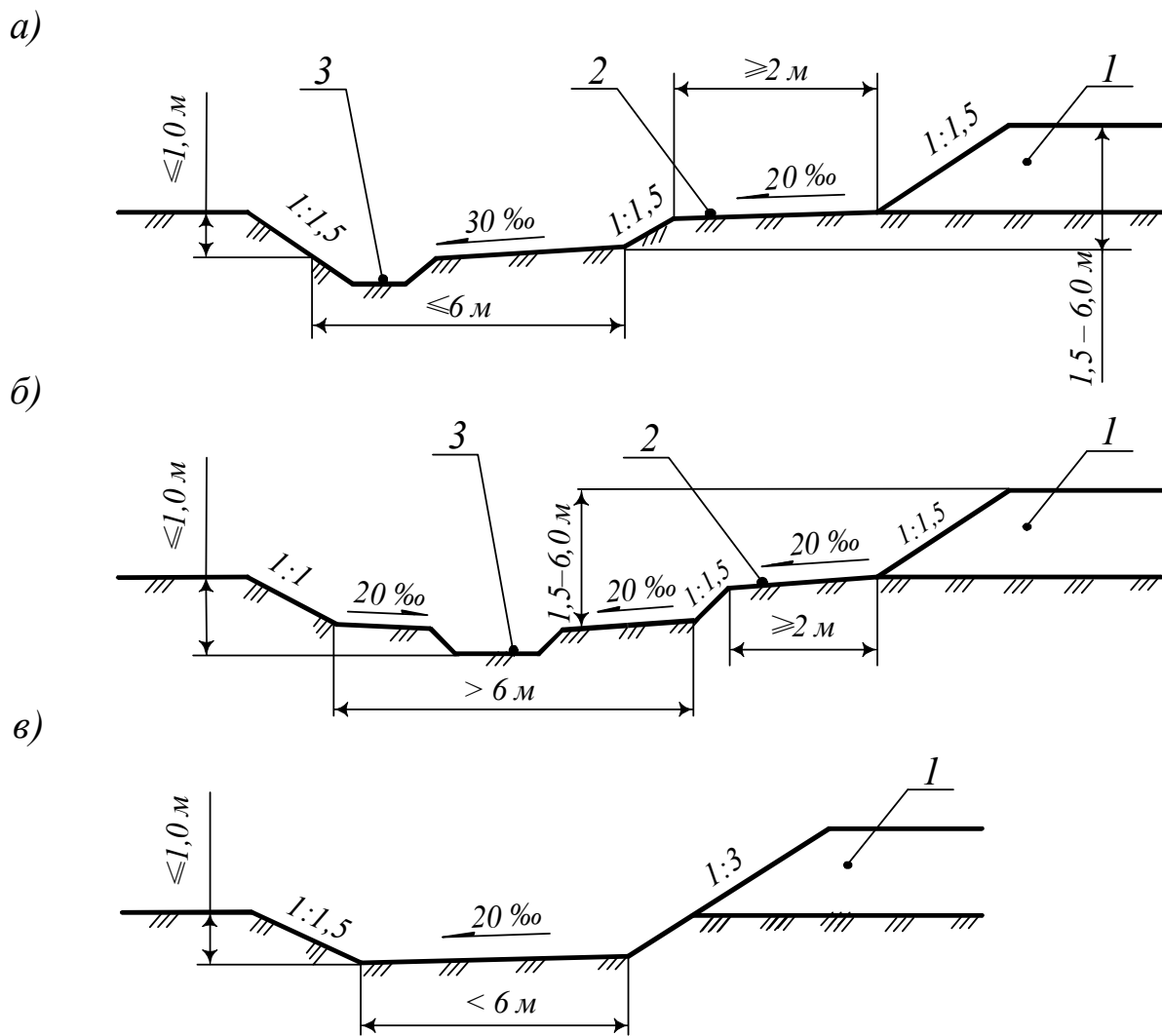


Рис. 7.3. Поперечные сечения резервов и кювет-резервов:  
 а – односкатный резерв; б – двускатный резерв; в – кювет-резерв;  
 1 – насыпь, 2 – берма, 3 – канава

Если дорога проходит по косогору, боковые каналы (резервы) делают только с нагорной стороны. В этом случае они служат также для перехвата и отвода воды, стекающей к дороге со склонов. Если надобности в резервах нет, воду со склонов перехватывают и отводят в ближайшие пониженные места местности, устраивая нагорные каналы (рис. 7.4).

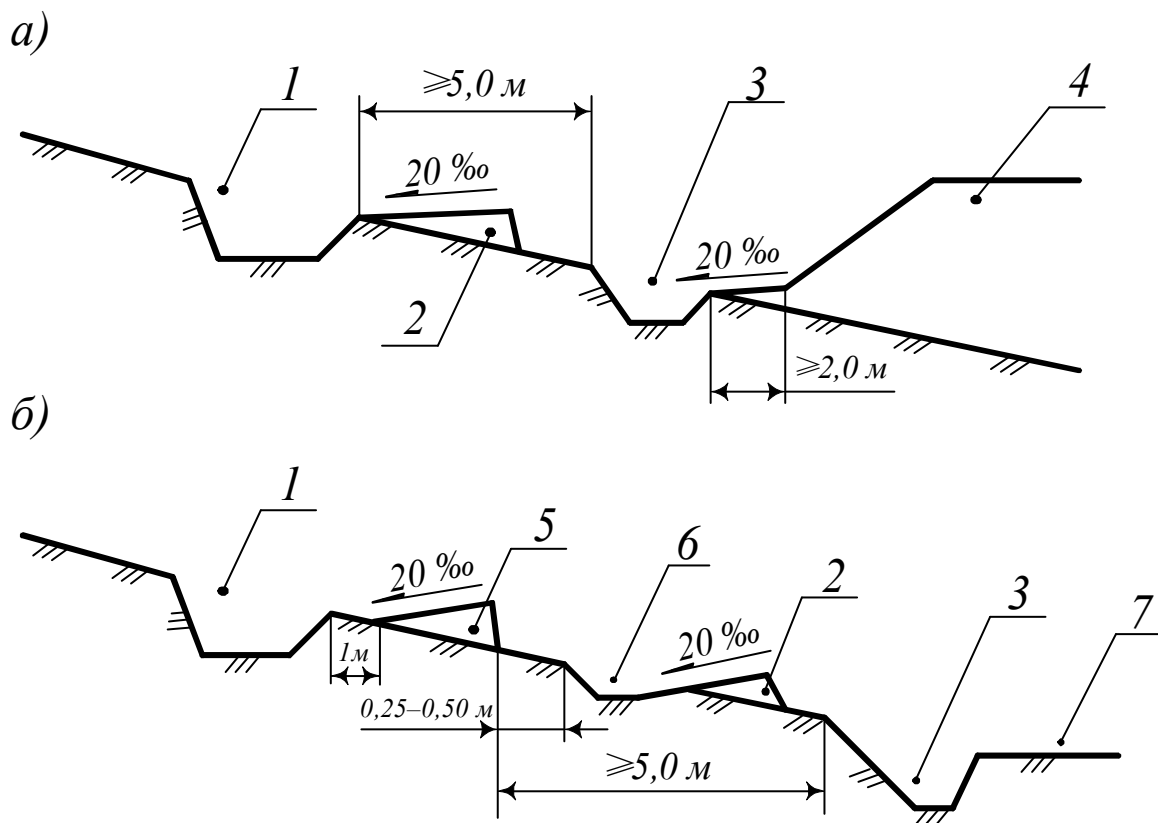


Рис. 7.4. Водоотводные устройства на косогорах:  
 а – перед насыпью; б – перед выемкой;  
 1 – нагорная канава; 2 – банкет; 3 – боковая канава;  
 4 – насыпь; 5 – резерв (кавалер); 6 – забанкетная канава; 7 – выемка

Нагорные каналы следует устраивать при поперечном уклоне местности (крутизне косогора) 1:50 и более. При расчете боковых и нагорных каналов устанавливаются необходимые параметры поперечного сечения канала, которые способны обеспечить пропуск расчетного расхода воды  $Q_p$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ). Для этого каналы разбивают на участки длиной по 100 м и менее, и для каждого участка подбирают размеры поперечного сечения. Расчетный расход принимают равным сумме расхода ливневых вод  $Q_l$  с площади водосбора рассматриваемого участка канала и расхода воды  $Q_v$ , притекающей к данному участку с вышерасположенных участков канала:

$$Q_p = Q_l + Q_v. \quad (7.1)$$

Расчет начинают с участка, расположенного у стока канала, и ведут последовательно по всем участкам к ее устью. Для первого участка  $Q_{v1} = 0$ , для второго участка  $Q_{v2} = Q_{p1}$ , где  $Q_{p1}$  – расчетный расход воды для первого участка; для  $i$ -го участка  $Q_{vi} = Q_{p(i-1)}$ .

Пропускная способность канавы  $Q_k$  (м<sup>3</sup>/с) должна соответствовать условию

$$0,95 \cdot Q_p < Q_k < 1,05 \cdot Q_p \quad (7.2)$$

Для определения пропускной способности канавы  $Q_k$  необходимо установить площадь живого сечения  $\omega$  (м<sup>2</sup>) и скорость течения воды  $V$  (м/с):

$$\omega = h (e_k + m_k h); \quad (7.3)$$

$$V = G \sqrt{ik}, \quad (7.4)$$

где  $h$  – глубина потока воды в канаве, м, (принимается);

$e_k$  – ширина канавы по дну, м:  $e_k = \eta h$ ;

$\eta$  – гидравлически наивыгоднейшее отношение  $e_k/h$ , равное 0,61 при  $m_k = 1,5$ ;

$m_k$  – коэффициент заложения откосов канавы;

$G$  – скоростная характеристика, принимаемая по прил. 11 в зависимости от гидравлического радиуса  $r$  и коэффициента шероховатости русла.

Гидравлический радиус

$$r = \frac{\omega}{p}, \quad (7.5)$$

где  $p$  – смоченный периметр, м,

$$p = e_k + 2h\sqrt{1 + m_k}. \quad (7.6)$$

Пропускная способность канавы, м<sup>3</sup>/с:

$$Q_k = \omega \cdot V. \quad (7.7)$$

Вычисленную по формуле (7.7) пропускную способность канавы сравнивают с расчётным расходом и в зависимости от того, больше пропускная способность канавы  $Q_k$  расчётного расхода воды  $Q_p$  или меньше, соответственно уменьшают или увеличивают принятую глубину потока воды  $h$  и расчёт выполняют заново при новой глубине потока. По полученным значениям  $Q_k$  при разных  $h$  строят график зависимости  $Q_k = f(h)$ , по которому находят необходимую глубину потока, соответствующую требуемой пропускной способности, то есть  $Q_k = Q_p$ . При выбранном значении  $h$  заново производят расчёт  $Q_k$  и вычисляют отношение  $Q_k/Q_p$ , которое должно быть в пределах 0,95...1,05.

В зависимости от скорости течения воды  $V$  выбирают тип укрепления русла (прил. 9, 10).

Глубина канавы  $h_k$  (м) равна  $h_k = h + 0,1$ .

В тех случаях, когда поперечное сечение канав назначают по типовым проектам, тип укрепления принимают в зависимости от продольного уклона на основе многолетней практики (табл. 7.2).

Таблица 7.2

## Продольные уклоны водоотводных канав.

Тип укрепления	Уклон в грунтах, ‰	
	песчаных	суглинистых
Без укрепления	До 10	До 20
Одерновка	10...30	20...30
Мощение	30...50	30...50
Перепады и лотки	> 50	> 50

При значительных уклонах местности по направлению канавы (более 50 ‰) во избежание высоких скоростей течения воды продольному профилю дна канавы придают ступенчатое очертание, устраивая перепады из сборных железобетонных элементов, монолитного бетона, каменной кладки или гравийной засыпки (рис. 7.5). Прилегающие к перепаду участки дна канав укрепляют мощением. Между перепадами дну канав придают уклоны, не требующие укрепления или соответствующие принятому типу укреплений.

Расстояние между перепадами  $l$  (м) и их количество  $n$ :

$$l = \frac{h}{i - i_0}; \quad n = \frac{L_k}{l},$$

где  $h$  – высота стенки перепада (принимается до 0,3...0,5 м);

$i, i_0$  – соответственно продольный уклон поверхности земли по трассе канавы и дна канавы между перепадами.

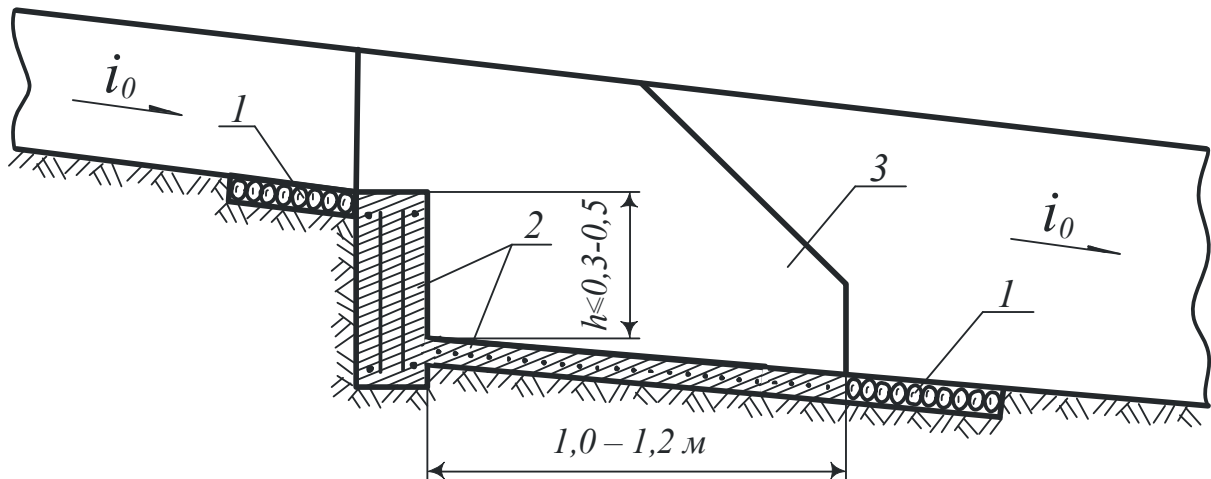


Рис. 7.5. Устройство перепада из сборного железобетона:  
1 – мощение; 2 – сборные железобетонные элементы;  
3 – бетонные стенки

Для отвода воды с поверхности проезжей части и разделительной полосы внегородских автомобильных дорог I–III категорий могут применяться при уклонах местности более 50 ‰ прикромочные, дождеприёмные и откосные водосборные лотки с водобойными устройствами на выходе из

них. Как правило, эти сооружения устраивают из типовых сборных железобетонных блоков, а в отдельных случаях – из монолитного бетона.

Прикромочные лотки располагают вдоль кромки проезжей части или остановочной полосы дороги. Они имеют треугольное поперечное сечение шириной 75 (50) см и глубиной 7...9 см. Из прикромочных лотков воду отводят в откосные водосборные лотки дождеприемными лотками, также состоящими из типовых элементов. Из дождеприемных лотков воду сбрасывают лотками-быстротоками. Для предохранения подошвы насыпи от размыва в конце этих лотков устраивают укрепленные бетонными плитами (размером 49×49×8 см) площадки шириной по 2 м, за которыми устанавливают бетонную стенку в качестве гасителя энергии потока воды.

В равнинной местности степных районов IV–V дорожно-климатических зон, когда нельзя отвести воду от дороги по боковым и водоотводным канавам в естественные понижения рельефа, устраивают в стороне от дороги испарительные бассейны. Эти бассейны представляют собой котлованы, вокруг которых делают земляные валики для того, чтобы преградить доступ в них воды с окружающей местности. Емкость одного бассейна 200...300 м<sup>3</sup>, глубина до 1,5 м. Уровень воды в бассейне должен быть на 0,6 м ниже бровки земляного полотна. В качестве испарительных бассейнов можно использовать и резервы глубиной до 0,4 м, которые располагаются на большем расстоянии от дороги, чем обычно.

В населенных пунктах, если позволяют гидрогеологические условия, могут устраиваться водопоглощающие колодцы. Такой колодец представляет собой вертикальную выработку размером в плане 1,0×1,0 м, глубиной до 3 м и более, дно которой достигает водопоглощающего слоя. Колодец располагается в понижении не ближе 10 м от полотна дороги и заполняется дренирующим каменным материалом. Для подвода воды к колодцу устраивают канаву. Вокруг колодца создают валик, предотвращающий попадание воды с прилегающей местности.

## 7.2. Проектирование подземного водоотвода

Для предохранения земляного полотна от воздействия грунтовых вод необходимо размещать основание дорожной одежды на достаточной высоте над уровнем грунтовых вод. В тех случаях, когда это невозможно сделать, внутри полотна устраивают изолирующие или прерывающие перемещения влаги прослойки. Эти прослойки располагают по всей ширине земляного полотна, на глубине от поверхности покрытия 0,5...0,8 м, но не менее чем на 0,2 м выше уровня грунтовой воды. Изолирующие прослойки устраивают из водонепроницаемого материала (например, слой грунта толщиной до 5 см, обработанного битумом или дегтем).

Для капиллярно-прерывающих прослоек применяют хорошо фильтрующий материал (гравий, крупнозернистый песок) толщиной 12...20 см.



Сверху и снизу устраивают противозаиливающие слои из мха, дерна или соломы, которые предохраняют фильтрующий материал от проникновения в него грунта земельного полотна.

Для понижения уровня грунтовых вод выполняют открытые канавы-осушители, заглубленные в водоносный слой грунта, или закрытые сооружения-дренажи. Канавы-осушители устраивают шириной до 1 м с вертикальными стенками, укрепленными распорными рамами из сборного железобетона или из деревянных деталей. Эти канавы-осушители обычно совмещают с кюветами.

Типичным примером дренажа является подкюветный дренаж (рис. 7.6). В простейшем случае дренажная канава заполняется снизу крупнозернистым дренирующим материалом (гравий или щебень). Сверху дренирующий материал обкладывается более мелким материалом, а затем песком, которые предохраняют дренаж от засорения. Сверху устраивают изолирующие слои (два слоя дерна корнями вверх или 3 см грунта, обработанного битумом), а затем производят засыпку (обычно утрамбованная глина). Лучше работает дренаж, в котором вместо каменной наброски укладывают трубы керамические, бетонные или асбоцементные с небольшими отверстиями в стенах для приема воды. Дренаж отводит воду, просачивающуюся из прилегающего грунта, образуя, вблизи себя осушенную зону. Поверхность грунтовых вод около дренажа понижается.

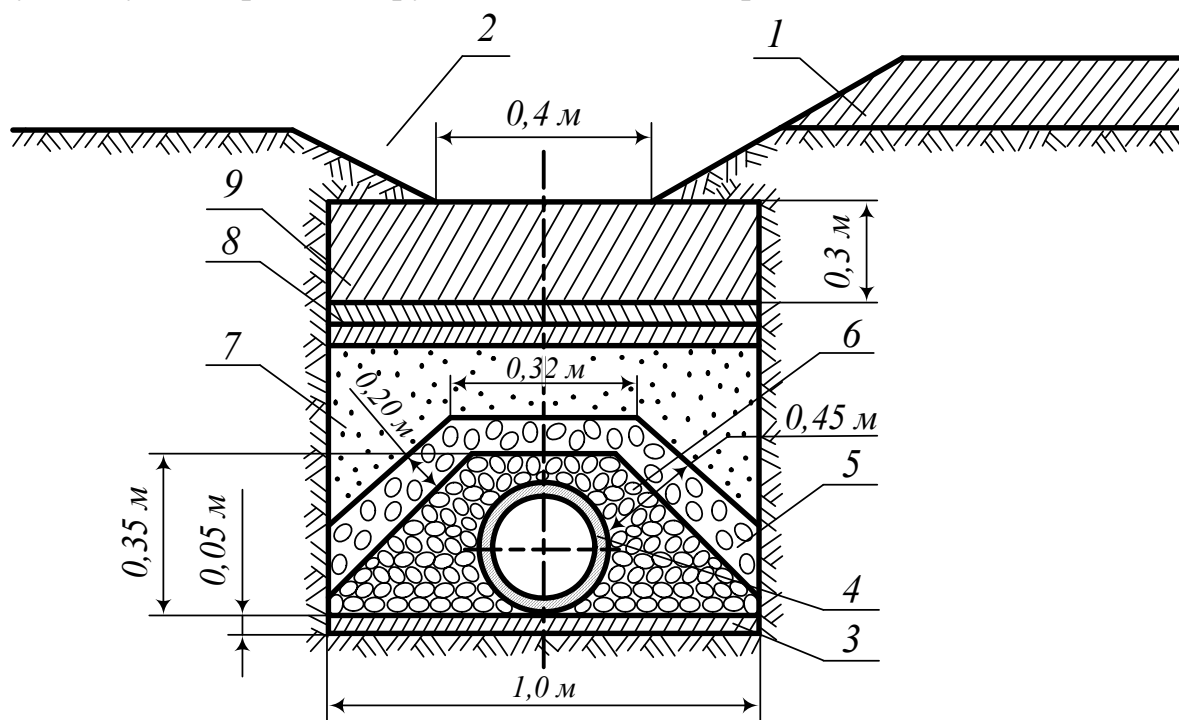


Рис. 7.6. Устройство подкюветного дренажа:

- 1 – земляное полотно; 2 – кювет; 3 – щебень, втрамбованный в грунт;
- 4 – труба диаметром 15...20 мм; 5 – щебень или гравий крупностью 40...70 мм;
- 6 – щебень или гравий крупностью 5...10 мм; 7 – крупнозернистый песок;
- 8 – два слоя дерна корнями вверх или 3 см грунта, обработанного битумом;
- 9 – утрамбованная глина

При расположении дороги в выемке иногда устраивают откосные дренажи (рис. 7.7), предназначенные для перехватывания потока грунтовых вод в водоносных прослойках. Водонепроницаемый экран выполняется на всю высоту водоносного слоя.

Устройство дренажей является дорогой и трудоемкой работой, поэтому к нему прибегают лишь в исключительных случаях. При трассировании дороги в плане ее стремятся по возможности располагать в местах, не требующих специальных мер по водоотводу.

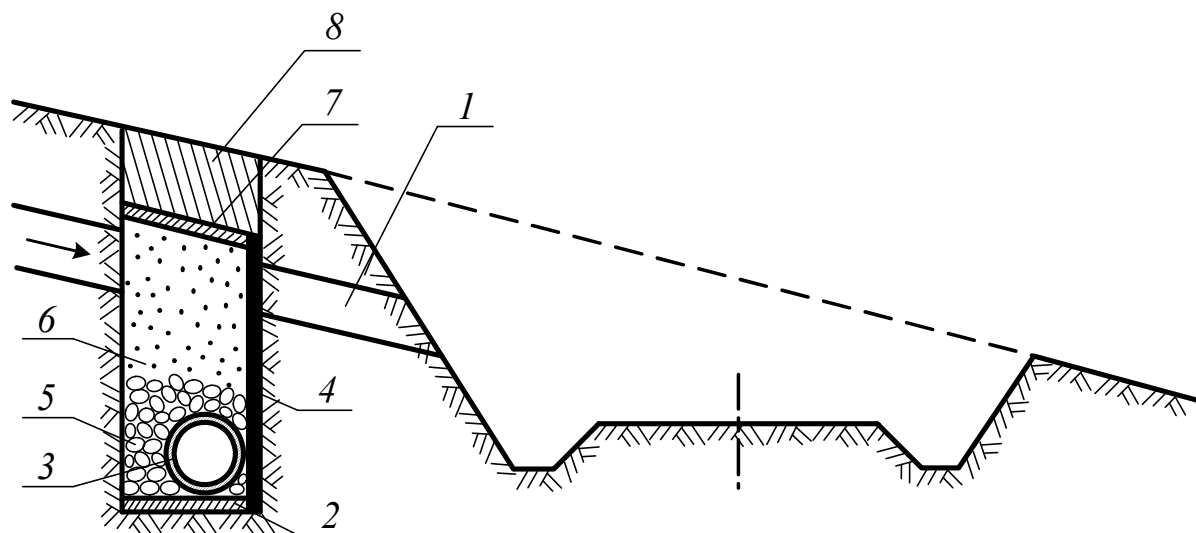


Рис. 7.7. Устройство откосного дренажа:  
 1 – водоносная прослойка; 2 – доска; 3 – труба с отверстиями;  
 4 – водонепроницаемый экран из мягкой глины; 5 – крупный щебень;  
 6 – мелкий щебень и песок; 7 – изоляция; 8 – засыпка

В тяжелых суглинистых и глинистых грунтах, медленно отдающих влагу, применение дренажей вообще не целесообразно.

### Порядок проектирования системы дорожного водоотвода и исходные данные

1. Форму поперечного сечения и начальные параметры боковых канав принять по табл. 7.3.

2. Коэффициент заложения внутреннего откоса боковых канав принимается таким же, как и коэффициент заложения откоса насыпи.

3. Параметры нагорных канав: глубина не менее 0,6 м, ширина по дну не менее 0,3 м, коэффициент заложения откосов 1:1,5.

4. Район строительства, вид грунта, дорожно-климатическая зона, тип местности принимаются соответственно по табл. П1.3, П1.4 прил. 1 и прил. 4, 5.

5. Расход ливневых вод  $Q_{л}$  определяется по методике, изложенной в разд. 3.

Таблица 7.3

Грунт	Форма канавы	Глубина канавы (м) в дорожно-климатической зоне		Ширина по дну, м	Коэффициент заложения внешнего откоса
		II,III	IV		
Гравий, гравелистый песок	Треугольная	0,3	0,2	–	1:1,5...1:2
Песок, супесь, пылеватый песок	Треугольная	0,5	0,4	–	1:1,5...1:2
Суглинок, глина, пылеватый грунт	Трапециевидная	0,6	0,5	0,4	1:1,5

6. На участках насыпей при 1 и 2 типах местности по характеру увлажнения следует предусмотреть боковые резервы.

7. Запроектировать боковые и нагорные канавы, кюветы, перепады (если требуется) и заполнить соответствующие графы пояснительной сетки продольного профиля. Параметры водоотводных сооружений занести в табл. 7.3.

Таблица 7.3

## Ведомость водоотводных сооружений

Пикетное положение	Положение относительно дороги	Тип сооружения	Форма и размеры поперечного сечения, укрепление	Продольный уклон дна, ‰

8. Запроектировать (при необходимости) систему подземного водоотвода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для выполнения курсового проекта по дисциплине «Пути сообщения, технологические сооружения» студентам необходимо выполнить большой объем работ по проектированию основных элементов путей сообщения и их инженерного обустройства.

Авторы данного учебного пособия поставили перед собой задачу систематизировать и представить известные материалы по рассматриваемым вопросам в объеме, предусмотренном образовательным стандартом направления подготовки бакалавров 190700 «Технология транспортных процессов».

Пособие состоит из двух книг: кн. 1. Проектирование путей сообщения; кн. 2. Оборудование и обустройство путей сообщения.

Теоретический материал сопровождается примерами и справочными сведениями, позволяющими студентам в полной мере понять методику, последовательность, правила выполнения и оформления текстовой и графической частей проекта.

Список рекомендуемой литературы включает нормативно-справочные и учебные издания, которые отражают современный уровень науки и практики в области проектирования путей сообщения и технологических сооружений. Указанная литература позволяет студентам более подробно ознакомиться с решением вопросов, рассмотренных в пособии.

Последовательность, системность, аргументированность и доступность изложения материала облегчает самостоятельную работу студентов по выполнению данного проекта. Кроме того, студент знакомится с методикой и практикой организации курсового проектирования по другим смежным дисциплинам.

В пособии использован собственный опыт авторов в преподавании и организации учебного процесса по дисциплине «Пути сообщения, технологические сооружения» в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### **I. Нормативно-техническая и дополнительная**

1. ВСН 51–88. Инструкция по уширению автодорожных мостов и путепроводов.
2. ГОСТ 9128–97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. – М., 1997
3. ГОСТ 8267–93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительства дорог. Технические условия.
4. ГОСТ Р 52398–2005. Классификация автомобиля дорог. Основные параметры и требования.
5. ГОСТ Р 50597–93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения.
6. ГОСТ Р 52399–2005. Геометрические элементы автомобильных дорог.
7. ГОСТ 24451–80. Тоннели автодорожные. Габариты приближения конструкций и оборудования.
8. Инструкция по перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом по дорогам Российской Федерации / Утв. Минтранс России 27.05.1996.
9. Инструкция по эксплуатации железнодорожных переездов МПС России / МПС России. – М.: Транспорт, 1997.
10. МОДН 2–2001. Проектирование нежестких дорожных одежд.
11. Методические рекомендации по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог общего пользования [Текст]. – М.: ФГУП Информавтодор, 2003.
12. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд [Текст]. – М.: ФГУП Информавтодор, 2004.
13. ОДН 218.046–01. Проектирование нежестких дорожных одежд [Текст]. – М.: Информавтодор, 2001.
14. ОДН 218.3.039–2003. Укрепление обочин автомобильных дорог [Текст]. – М.: Информавтодор, 2003.
15. Проектирование автомобильных дорог. Справочник инженера-дорожника [Текст] / под ред. Г.А. Федотова. – М.: Транспорт, 1989.
16. Пособие по проектированию элементов плана, продольного и поперечного профилей, инженерных обустройств, пересечений и примыканий автомобильных дорог [Текст]. – М.: СоюздорНИИ, 1989.
17. Справочная энциклопедия дорожника. Т.5 Проектирование автомобильных дорог [Текст] / под ред. Г.А. Федотова и П.И. Пospelова. – М.: ФГУП Информавтодор, 2007.
18. СНИП 2.05.02–85\*. Автомобильные дороги. Нормы проектирования [Текст]/ Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.

19. СНИП 2.05.03–85. Мосты и тубы / Минстрой России [Текст]. – М.: ФГУП ЦПП, 1996.

20. СНИП 3.06.04–91. Мосты и тубы.

21. ТУ 5718-001–00011168–00 571841. Смеси асфальтобетонные щебне-мастичные и асфальтобетон (ЩМА). Технические условия [Текст]. – М., 2000.

22. ТУ 5718-001-53737504–00. Смеси эмульсионно-минеральные для устройства слоев износа [Текст]. – М., 2000.

23. ТУ 218 РСФСР 601–83. Смеси битумо-минеральные открытые для устройства макрошероховатых слоев дорожных покрытий. Технические условия.

## **II. Учебная**

### **а) основная**

24. Домке, Э.Р. Пути сообщения, технологические сооружения [Текст]: учебник / Э.Р. Домке, Ю.М. Ситников, К.С. Подшивалова – М.: ИЦ «Академия», 2013.

25. Курьянов, В.К. Автомобильные дороги [Текст]: учеб. пособие / В.К. Курьянов, Д.Н. Афоничев, А.В. Скрыпников. – Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 2007.

26. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Сильянов, Э.Р. Домке. – 3-е изд. стер. – М.: ИЦ «Академия», 2009.

27. Федотов, Г.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: в 2 кн. [Текст]: учебник / Г.А. Федотов, П.И. Пospelов. – М.: Высш. шк., Кн. 1. 2009.

28. Федотов, Г.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: в 2 кн. [Текст]: учебник / Г.А. Федотов, П.И. Пospelов. – М.: Высш. шк., Кн. 2. 2010.

### **б) дополнительная**

29. Булдаков, С.И. Проектирование основных элементов автомобильной дороги [Текст]: учеб. пособие / С.И. Булдаков. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-та, 2003; 2004; 2009.

30. Борисова, И.С. Проектирование плана трассы и продольного профиля дороги. Ч. II [Текст]: учеб. пособие / И.С. Борисова. – Кострома: Изд-во КГСХА, 2007.

31. Горшкова, Н.Г. Основы проектирования автомобильных дорог. Ч. I [Текст]: учеб. пособие / Н.Г. Горшкова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005.

32. Гридчин, А.М. Основы проектирования автомобильных дорог Ч. II [Текст]: учеб. пособие / А.М. Гридчин, Н.Г. Горшкова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2006.

33. Гладышева, И.А. Проектирование водопропускных сооружений на автомобильных дорогах [Текст]: учеб. пособие / И.А. Гладышева, Т.В. Самодурова, О.В. Гладышева. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. архит.-строит. ун-та, 2007.

34. Гладышева, И.А. Проектирование нежестких дорожных одежд [Текст]: учеб. пособие / И.А. Гладышева, Т.В. Самодурова, А.В. Еремин, О.В. Гладышева; под общ. ред. Т.В. Самодуровой. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. архит.-строит. ун-та, 2010.

35. Денисова, А.П. Сборные железобетонные трубы под насыпями на автомобильных дорогах [Текст]: учеб. пособие / А.П. Денисова, А.И. Овчинников, Ю.П. Скачков. – Пенза: Пензенская ГАСА, 2002.

36. Девятков, М.М. Основы проектирования автомобильных дорог [Текст]: учеб. пособие на русском и немецком языках / М.М. Девятков. – Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2009.

37. Карташкова, Л.М. Основы проектирования автомобильных дорог [Текст]: учеб. пособие / Л.М. Карташкова. – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2006.

38. Корочкин, А.В. Проектирование нежестких дорожных одежд [Текст]: учеб. пособие / А.В. Корочкин. – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2005.

39. Смирнов, А.В. Конструкции и технологии строительства автомобильных дорог в сложных природных условиях [Текст]: учеб. пособие / А.В. Смирнов [и др.]; под ред. А.В. Смирнова. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2005.

40. Троян, Т.П. Задачи и примеры расчетов по гидростатике и гидродинамике для проектирования автомобильных дорог [Текст]: учеб. пособие / Т.П. Троян. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Таблица П1.1

Исходные данные для расчёта среднегодовой суточной  
интенсивности движения

Индивидуальный вариант	Прогнозируемые объемы перевозок в год		Вариант состава движения	
	грузовых $Q_{год}$ тыс. т	пассажирских $V_{год}$ млн чел	грузового	пассажирского
1	2	3	4	5
01	208	2,68	1	2
02	326	3,25	2	3
03	452	3,78	3	1
04	518	4,05	1	3
05	635	5,27	2	1
06	224	2,89	1	2
07	352	3,35	2	3
08	476	3,55	3	1
09	567	4,23	1	3
10	689	5,17	2	1
11	248	2,57	1	1
12	395	3,72	2	2
13	456	3,85	3	3
14	585	4,45	1	3
15	624	5,32	2	1
16	610	5,42	3	2
17	223	2,85	2	3
18	334	3,86	1	2
19	496	3,43	2	3
20	542	4,67	1	2
21	678	5,47	1	2
22	256	2,63	2	1
23	382	3,94	1	2
24	426	3,16	2	2
25	568	4,88	1	3
26	217	2,89	2	3
27	359	3,07	3	2
28	489	3,64	2	1



Продолжение прил. 1  
Продолжение табл. П1.1

1	2	3	4	5
29	557	4,24	1	2
30	668	5,49	2	3
31	246	2,46	2	1
32	382	3,35	3	2
33	445	3,52	1	2
34	578	4,10	1	3
35	695	5,79	1	1
36	284	2,32	1	1
37	353	3,15	1	2
38	468	3,76	1	3
39	546	4,26	2	1
40	613	5,54	2	2
41	216	2,04	2	3
42	332	3,28	3	3
43	447	3,96	3	2
44	518	4,46	3	1
45	639	5,40	1	1
46	202	2,12	2	1
47	385	3,16	3	1
48	486	3,63	1	2
49	557	4,25	2	2
50	645	5,08	3	2
51	268	2,46	1	3
52	372	3,35	2	3
53	494	3,78	3	3
54	561	4,57	1	2
55	650	5,12	1	3
56	289	2,32	1	1
57	387	3,16	2	1
58	454	3,98	2	2
59	589	4,45	2	3
60	692	5,67	3	3
61	206	2,48	3	1
62	324	3,53	3	2
63	418	3,92	1	2
64	522	4,68	2	3
65	604	5,45	3	1
66	225	2,22	1	2
67	348	3,24	1	1

Продолжение прил. 1  
Окончание табл. П1.1

1	2	3	4	5
68	432	3,72	2	3
69	546	4,25	3	2
70	634	5,32	2	1
71	248	2,36	1	1
72	369	3,42	1	2
73	457	3,62	1	3
74	574	4,42	2	1
75	655	5,48	2	2
76	274	2,54	2	3
77	392	3,46	3	1
78	486	3,89	3	2
79	592	4,56	3	3
80	678	5,72	1	2
81	298	2,78	2	2
82	404	3,65	3	2
83	492	3,98	3	3
84	598	4,78	2	3
85	694	5,87	1	3
86	216	2,32	1	3
87	326	3,24	2	1
88	424	3,55	1	2
89	512	4,23	2	3
90	608	5,34	3	3
91	243	2,54	1	2
92	352	3,43	2	2
93	446	3,76	3	1
94	538	4,67	2	1
95	635	5,58	3	2
96	269	2,68	1	1
97	379	3,73	2	3
98	464	3,85	3	2
99	578	4,48	3	1
00	657	5,83	2	3

Продолжение прил. 1  
Таблица П1.2

**Состав движения ТС**

Грузовые автомобили, спецмашины на базе грузовых автомобилей,  
автопоезда

Типы транспортных средств	Средняя грузоподъемность $q_i$ , т	Доля транспортных средств в составе движения $d_i$ , % (для вариантов)		
		1	2	3
Грузовые автомобили грузоподъемностью:				
до 2 т	1,3	42	38	30
2...5 т	4	24	22	30
5...8 т	7	12	15	16
более 8 т	10	7	8	10
Автопоезда грузоподъемностью:				
12 т	12	5	6	8
16 т	16	5	4	2
20 т	20	3	4	2
более 20 т	27,5	2	3	2

Легковые автомобили, автобусы и спецмашины на их базе

Типы транспортных средств	Средняя вместимость $b_i$ , чел.	Доля транспортных средств в составе движения $d_i$ , % (для вариантов)		
		1	2	3
Легковые автомобили	5	52	50	51
Микроавтобусы	12	14	16	20
Автобусы малого класса	25	14	18	12
Автобусы среднего класса	35	12	10	12
Автобусы большого класса	45	8	6	5

Продолжение прил. 1  
Таблица П1.3

Район расположения дороги

Варианты	Регионы
1	2
01, 39	Башкирия
02, 40	Белгородская область
03, 41	Брянская область
04, 42	Владимирская область
05, 43	Вологодская область
06, 44	Волгоградская область
07, 45	Воронежская область
08, 46	Горьковская область
09, 47	Ивановская область
10, 48	Калужская область
11, 49	Карелия
12, 50	Кировская область
13, 51	Костромская область
14, 52	Краснодарский край
15, 53	Курганская область
16, 54	Курская область
17, 55	Ленинградская область
18, 56	Липецкая область
19, 57	Мордовия
20, 58	Московская область
21, 59	Новгородская область
22, 60	Орловская область
23, 61	Пензенская область
24, 62	Псковская область
25, 63	Ростовская область
26, 64	Рязанская область
27, 65	Самарская область
28, 66	Саратовская область
29, 67	Свердловская область
30, 68	Смоленская область
31, 69	Тамбовская область
32, 70	Татарстан
33, 71	Тверская область
34, 72	Тульская область
35, 73	Удмуртия
36, 74	Ульяновская область
37, 75	Челябинская область
38, 76	Ярославская область

Продолжение прил. 1

Таблица П1.4

Гидрогеологические условия района проложения трассы

Вариант	Грунт	Уровень грунтовых вод, м	Вариант	Грунт	Уровень грунтовых вод, м
01	Песок пылеватый	1,5	16	Супесь легкая крупная	1,3
02	Песок мелкий	1,4	17	Супесь легкая	1,5
03	Супесь легкая	1,6	18	Суглинок легкий	1,7
04	Супесь легкая крупная	1,3	19	Суглинок тяжелый	1,6
05	Супесь пылеватая	1,5	20	Супесь тяжелая	1,7
06	Суглинок легкий	1,7	21	Песок мелкий	1,4
07	Суглинок тяжелый	1,6	22	Супесь легкая	1,4
08	Глина	1,8	23	Супесь легкая	1,5
09	Супесь тяжелая пылеватая	1,7	24	Супесь легкая	1,6
10	Суглинок легкий пылеватый	1,6	25	Суглинок легкий	1,5
11	Суглинок тяжелый пылеватый	1,4	26	Суглинок легкий	1,4
12	Супесь легкая крупная	1,3	27	Суглинок легкий	1,6
13	Суглинок легкий	1,8	28	Суглинок легкий	1,8
14	Суглинок тяжелый	1,5	29	Суглинок тяжелый	1,6
15	Глина	1,7	30	Суглинок тяжелый	1,8

Окончание прил. 1

Таблица П1.5

Исходные данные для расчёта водопропускных сооружений

Вариант Т	Уклон лога $i_n$ у сооружения		Коэффициенты заложения склонов лога			
	у трубы	у моста	у трубы		у моста	
			$m_1$	$m_2$	$m_1$	$m_2$
01	0,065	0,055	8,0	8,5	8,5	10,5
02	0,045	0,045	7,0	10,0	7,5	11,0
03	0,046	0,035	6,0	7,0	6,5	8,0
04	0,029	0,025	6,5	8,5	6,0	9,5
05	0,028	0,015	5,0	9,5	5,5	10,5
06	0,018	0,008	6,0	8,5	6,5	10,5
07	0,086	0,068	9,5	5,5	9,0	6,5
08	0,032	0,035	10,0	9,5	10,5	7,5
09	0,042	0,024	11,0	10,0	11,5	8,0
10	0,032	0,035	12,5	9,5	12,0	6,5
11	0,046	0,048	12,0	8,5	12,5	6,5
12	0,028	0,012	10,0	8,0	10,5	6,0
13	0,034	0,018	10,5	6,0	10,0	7,0
14	0,014	0,007	9,5	7,0	9,0	5,0
15	0,017	0,004	8,5	7,5	8,0	5,5
16	0,046	0,046	7,5	6,5	8,5	6,0
17	0,009	0,008	8,0	5,0	9,0	5,5
18	0,062	0,055	9,0	6,0	9,5	5,5
19	0,064	0,062	8,5	7,0	10,0	6,5
20	0,030	0,032	9,0	6,0	10,5	7,5
21	0,038	0,028	11,0	6,0	11,0	6,5
22	0,049	0,039	12,0	5,0	12,0	6,5
23	0,043	0,042	7,0	9,0	10,0	5,5
24	0,029	0,022	9,0	11,5	6,0	9,5
25	0,030	0,027	7,0	6,5	7,0	11,0
26	0,016	0,014	7,5	5,5	8,0	6,0
27	0,019	0,016	8,0	5,0	8,5	5,0
28	0,024	0,017	8,0	5,5	9,0	5,5
29	0,029	0,019	8,5	5,0	9,5	5,5
30	0,032	0,025	9,5	7,5	11,5	7,0

Приложение 2

ФОРМЫ ТАБЛИЦ И ВЕДОМОСТЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ  
КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Таблица П 2.1

Форма сводной ведомости интенсивности движения ТС  
заданного состава движения

Типы транспортных средств (состав движения)	Интенсивность движения в фактических единицах $n_i$ , авт./сут	Коэффициент приведения к легковому автомобилю $K_i$	Интенсивность движения, приведенная к легковому автомобилю, $K_i n_i$ , авт./сут
Грузовые автомобили грузоподъемностью: до 2 т 2...5 т 5...8 т более 8 т			
Автопоезда Грузоподъемностью: 12 т 16 т 20 т более 20 т			
Легковые автомобили			
Микроавтобусы			
Автобусы малого класса			
Автобусы среднего класса			
Автобусы большого класса			
Итого	$N=$		$N_{\text{прив}}=$

## Основные параметры проектируемой автомобильной дороги

Параметр	Величина	Параметр	Величина
Экономическое значение дороги		Наименьшая ширина центральной разделительной полосы без дорожных ограждений, м	
Класс дороги		Наименьшая ширина центральной разделительной полосы с ограждениями по оси дороги, м	
Расчетная интенсивность движения: – трансп., ед./сут – привед., ед./сут		Ширина краевой полосы безопасности у разделительной полосы, м	
Категория дороги		Ширина земляного полотна, м	
Число полос движения, шт.		Расчетная скорость движения, км/ч	
Ширина полосы движения, м		Наибольший продольный уклон, ‰	
Ширина проезжей части, м		Наименьшее расстояние видимости: – для остановки – для встречного автомобиля	
Ширина обочин, м		Наименьшие радиусы кривых в плане, м: – основных – в горной местности	
Ширина краевой полосы у обочин, м		Наименьшие радиусы кривых в продольном профиле, м: – выпуклых – вогнутых основных в горной местности	



Продолжение прил. 2  
Таблица П2.3

Сводная ведомость железобетонных водопропускных труб

Место-положение трубы	Диаметр трубы $d$ , м	Режим протекания воды, вид оголовка	Гидравлическая характеристика трубы			Длина трубы, м		Уклон трубы, ‰	Высота засыпки трубы, м	Отметка бровки насыпи над трубой, м
			Глубина воды перед трубой $H$ , м	Пропускная способность трубы $Q$ , м <sup>3</sup> /с	Скорость воды в трубе $V_c$ , м/с	Без оголовков	С оголовками			
км	+									

Таблица П2.4

Сводная ведомость малых железобетонных мостов

Местоположение моста	Схема истечения воды	Тип моста	Пролетные строения		Вид опор		Длина моста, м	Ширина моста, м	Высота моста, м	Глубина потока перед мостом, м	Отверстие моста, м
			Количество	Длина, м	Береговые	Промежуточные					
км	+										

Окончание прил. 2  
Таблица П2.5

Уширение проезжей части и земляного полотна

Пикетажное положение начала и конца уширения	Уширение проезжей части		Пикетажное положение отгона уширения проезжей части	Необходимое уширение земляного полотна, м	Пикетажное положение отгона уширения земляного полотна
	расчетное	принятое			

Таблица П2.6

Параметры виражей

№ угла поворота	Пикетажное положение круговой кривой	Радиус кривой, м	Дополнительный уклон внешней кромки проезжей части, %	Пикетажное положение отгона виража		Поперечный уклон виража, %
				перед круговой кривой	после круговой кривой	
						расчетный
						принятый

Таблица П2.7

Мероприятия по обеспечению видимости дороги в плане

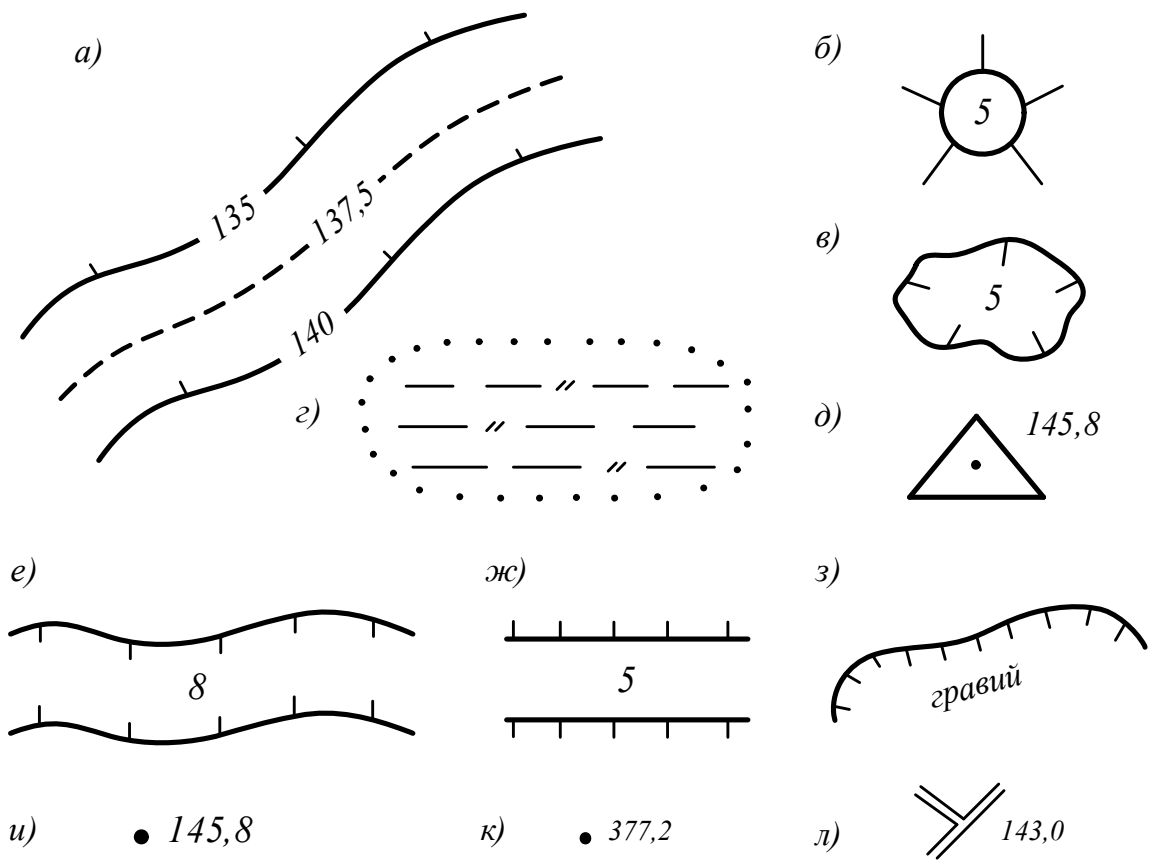
№ угла поворота	Пикетажное положение круговой кривой	Радиус кривой, м	Пикетажное положение начала срезки после кривой		Расстояние до границы видимости, м	Расстояние до препятствия, м	Мероприятие по обеспечению видимости поверхности дороги
			перед кривой	после кривой			

Таблица П2.8

Ведомость потребности материалов для дорожной одежды

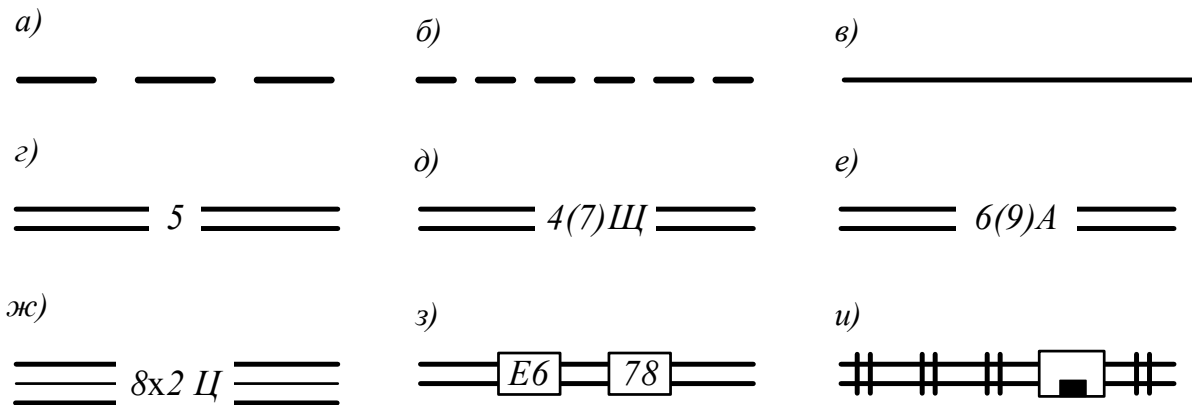
Наименование слоя	Материал слоя	Толщина слоя, м	Ширина слоя, м		Прочность материала, МПа	Потребность материала, м <sup>3</sup>
			3	4		
1	2		3	4	5	6

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ  
И ПЛАНАХ ТРАССЫ



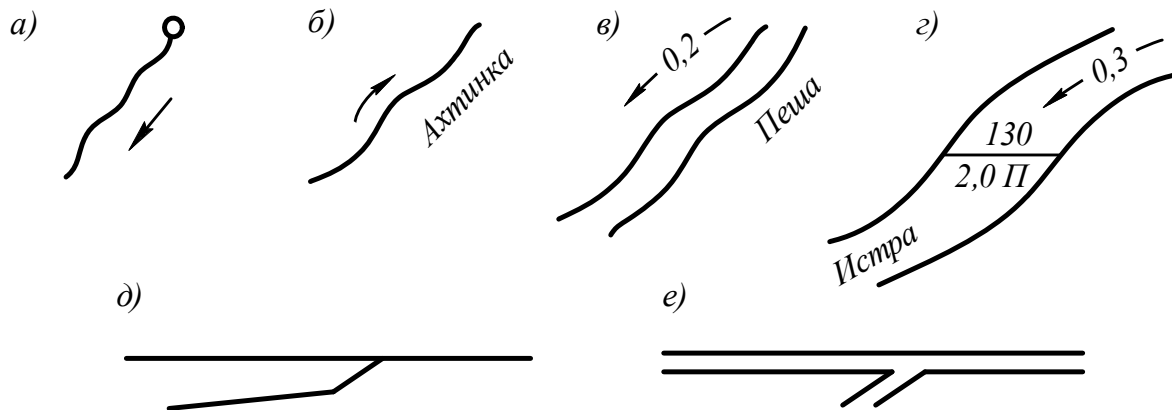
Рельеф местности:

*а* – высотные горизонталы (на картах М 1:25000 сплошные горизонталы проведены через 5 м, пунктирные – через 2,5 м), бергштрихи (указатели направлений скатов местности); *б* – курган высотой 5 м; *в* – яма глубиной 5 м; *г* – болото проходимое; *д* – тригонометрический пункт (отметка 145,8 м); *е* – овраг глубиной 8 м; *ж* – насыпь (дамба) высотой 5 м; *з* – место добычи полезных ископаемых; *и* – отметки командных высот (145,8 м); *к* – отметки высот (377,2 м); *л* – отметки высот у ориентиров (143,0 м)



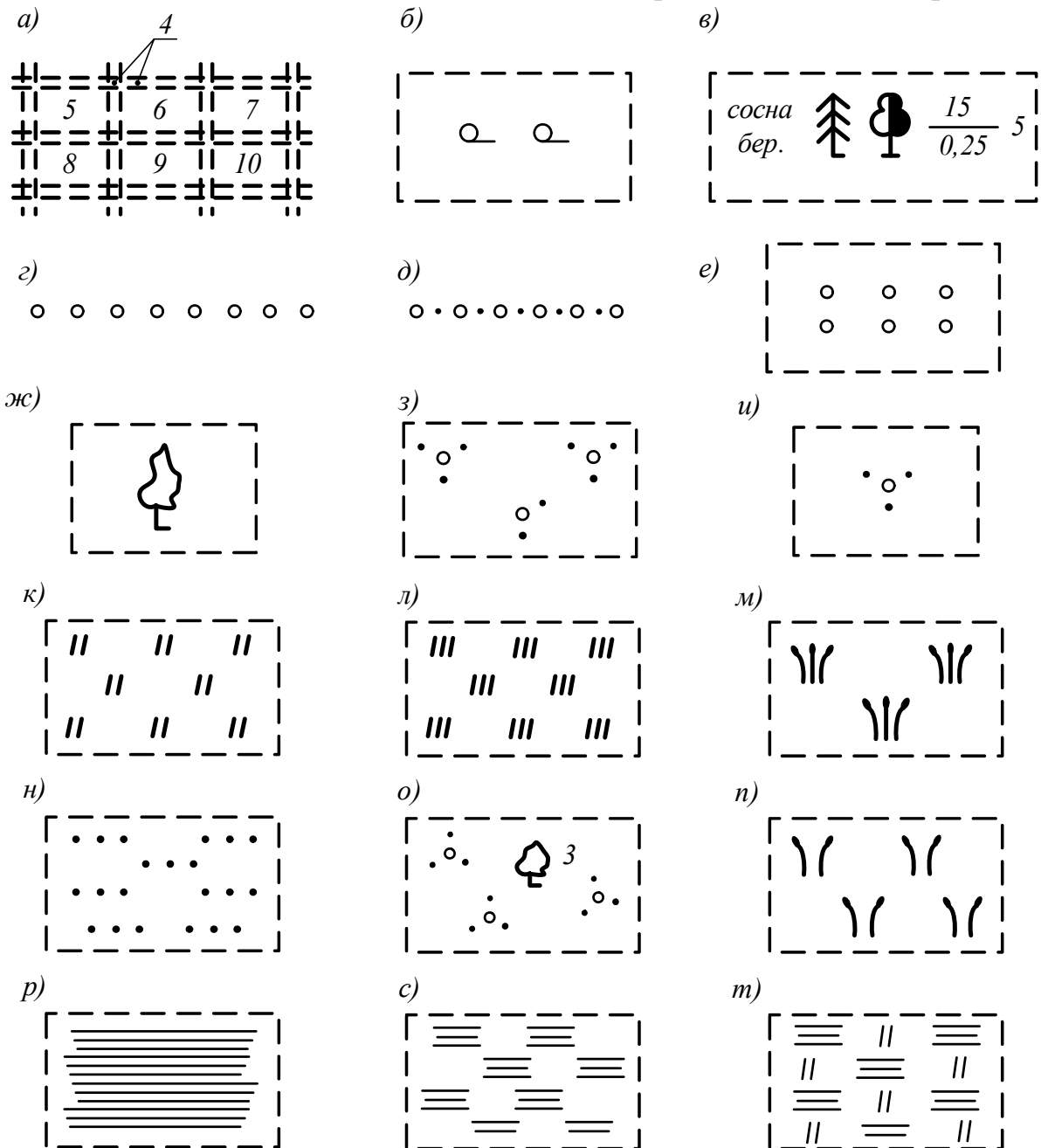
Существующие пути сообщения:

*а* – полевые и лесные дороги; *б* – пешеходные тропы; *в* – грунтовые (проселочные) дороги; *г* – улучшенные грунтовые дороги (ширина проезжей части 5 м); *д* – шоссе (ширина проезжей части 4 м, ширина земляного полотна 7 м, щебеночное покрытие проезжей части); *е* – шоссе (ширина проезжей части 6м, ширина земляного полотна 9 м, покрытие проезжей части – асфальтобетон); *ж* – автострада (ширина одной полосы 8м, количество полос 2, покрытие проезжей части – цементобетон); *з* – усовершенствованное шоссе (6, 78 – номера автомобильной дороги, Е – означает принадлежность дороги к европейской сети маршрутов); *и* – двухпутная железная дорога (со станцией или остановочным пунктом)



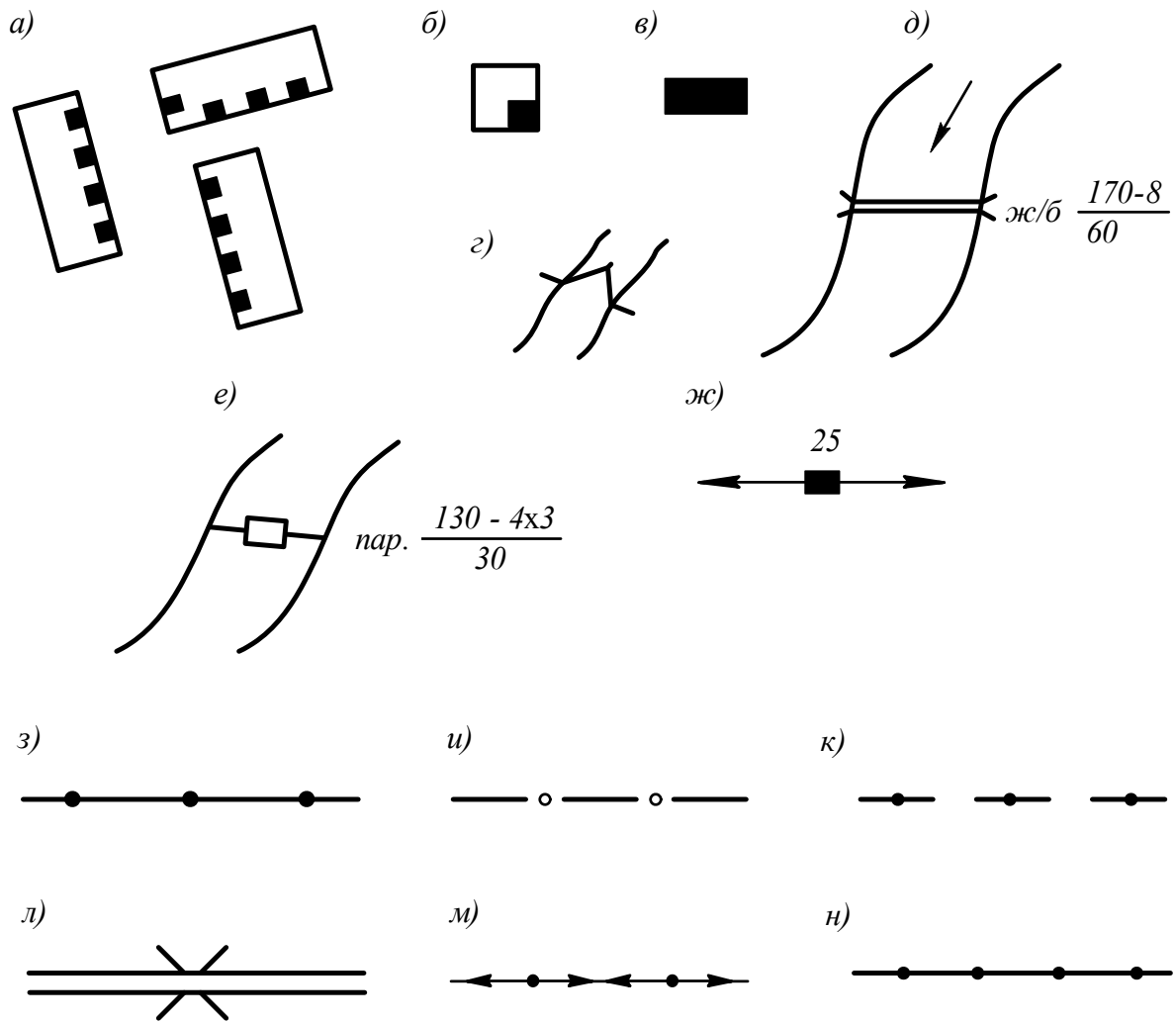
Водотоки:

*а* – родники, ключи; *б* – реки и ручьи шириной до 5 м; *в* – реки шириной более 5 м (0,2 – скорость течения воды, м/с); *г* – судоходные реки (130 – ширина реки, м; 2,0 – глубина, м; 0,3 – скорость течения воды, м/с; П – грунт дна песок); *д* – каналы и канавы шириной до 3м; *е* – каналы и канавы шириной более 3 м



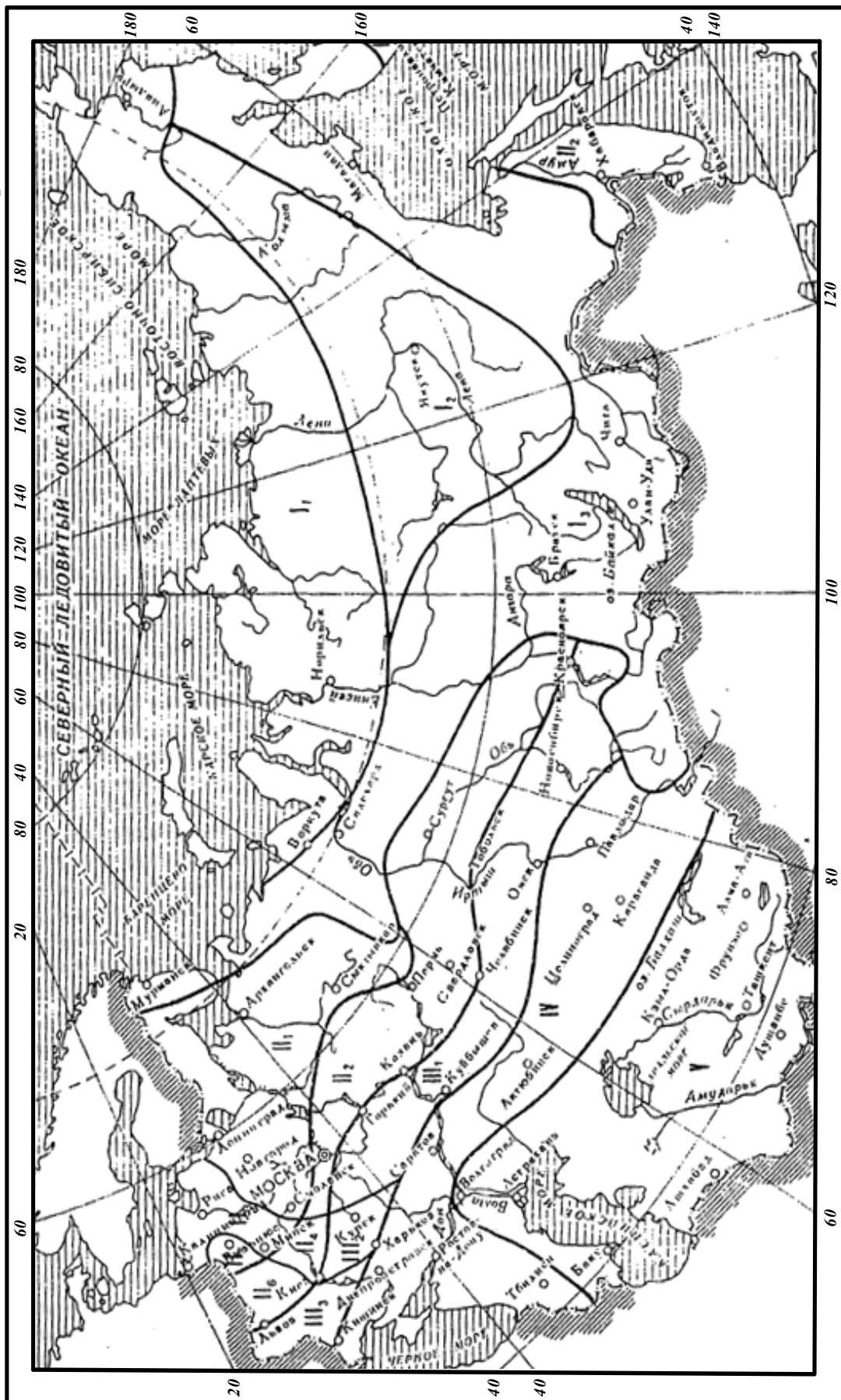
Р а с т и т е л ь н ы й п о к р о в :

- a* – лесные кварталы (5...10 – номера кварталов, 4 – ширина просек, м);  
*б* – редкие леса; *в* – смешанный лес (хвойные и лиственные деревья;  
 15 – высота деревьев, м; 0,25 – диаметр деревьев, м; 5 – расстояние между  
 деревьями, м); *г* – узкие полосы леса; *д* – узкие полосы кустарников;  
*е* – сады; *ж* – отдельно стоящие деревья; *з* – группы кустарников;  
*и* – отдельные кусты; *к* – луговая травянистая растительность высотой  
 менее 1 м; *л* – высокотравная растительность высотой более 1 м;  
*м* – камышовые и тростниковые заросли; *н* – степная травянистая  
 растительность; *о* – сплошные заросли кустарников (3 – средняя высота  
 кустарников, м); *п* – низкотравная влаголюбивая растительность  
 (осока и др.); *р* – болота непроходимые; *с* – проходимые болота;  
*т* – заболоченные земли



Инженерные сооружения:

*а* – населенные пункты; *б* – отдельно расположенные дворы; *в* – отдельно расположенные строения; *г* – шлюзы на водотоках; *д* – железобетонный мост длиной 170 м, с шириной проезжей части 8 м и грузоподъемностью 60 т; *е* – паромная переправа (ширина реки 130 м, 4×3 – размеры парома, м; 30 – грузоподъемность, т); *жс* – линии электропередачи на металлических или железобетонных опорах (25 – высота опоры, м); *з* – трубопроводы наземные; *и* – трубопроводы подземные; *к* – подземные кабели; *л* – трубы под дорогами; *м* – линии электропередачи на деревянных опорах и бетонных столбах высотой менее 14 м; *н* – воздушные линии связи и технические средства управления



Карта дорожно-климатических зон Российской Федерации

Приложение 5

Типы местности по характеру и степени увлажнения

Тип местности	Признаки в зависимости от дорожно-климатических зон					
	I	II	III	IV	V	
1	2	3	4	5	6	
1-й	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи грунтов; мощность деятельного слоя более 2,5 м при непересадочных грунтах влажностью менее 0,7 $W_t$ ( $W_t$ – влажность, соответствующая границе текучести)	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы слабо- и среднеподзолистые или дерновоподзолистые без признаков заболачивания	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы серые, лесные слабоподзолистые, в северной части зоны – темно-серые лесные и черные оподзоленные и выщелоченные	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы серо-тучные или мощные, в южной части зоны – южные черноземы, темно-каштановые и каштановые и новые почвы	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы серые, в южной части зоны – южные черноземы, каштановые и каштановые и новые почвы	Грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы в северной части бурые, в южной – светлые, в южной и сероземы
2-й	Поверхностный сток не обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы тундровые с резко выраженными признаками заболачивания; мощность деятельного слоя от 1,0 до 2,5 м при наличии глинистых просадочных грунтов влажностью более 0,8 $W_t$	Поверхностный сток не обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы средне- и сильноподзолистые и полуболотные с признаками заболачивания	Поверхностный сток не обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы подзолистые или полуболотные с признаками оглеения, в южной части – лугово-черноземные, солонцы и солоди	Поверхностный сток не обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы – сильно солонцеватые черноземы, каштановые и солонцы и солоди	Поверхностный сток не обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы – солончаковые солонцы и реже солончаки	

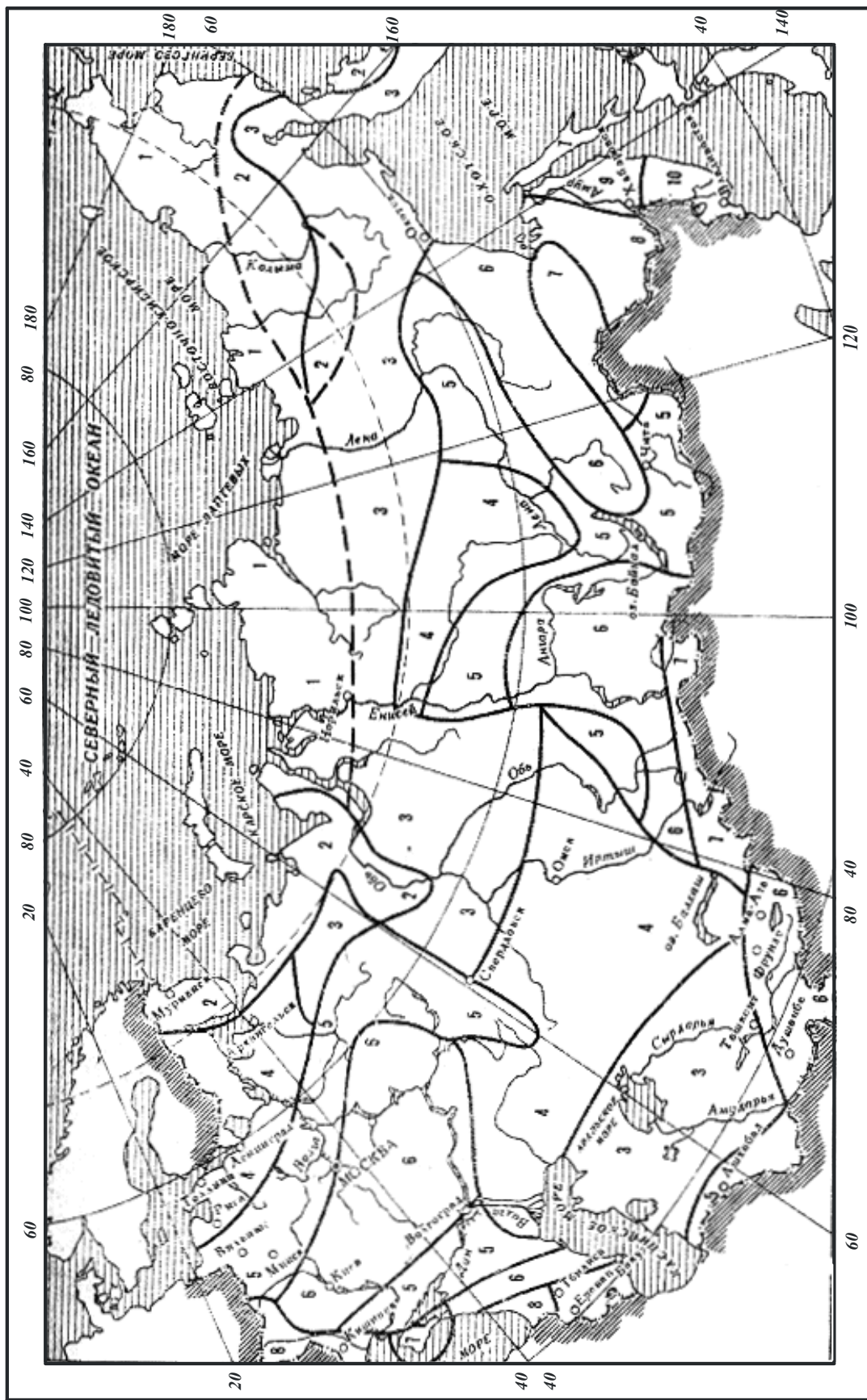


О к о н ч а н и е п р и л . 5

1	2	3	4	5	6
3-й	Грунтовые или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды оказывают влияние на увлажнение верхней толщи грунтов; почвы тундровые и болотные, торфяники; мощность деятельного слоя до 1 м при наличии глинистых сильнопросадочных грунтов, содержащих в пределах двойной мощности сезонного оттаивания линзы льда	Грунтовые воды или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи грунтов; почвы тундровые и болотные, торфяники; мощность деятельного слоя до 1 м при наличии глинистых сильнопросадочных грунтов, содержащих в пределах двойной мощности сезонного оттаивания линзы льда	Так же, как для дорожно-климатической зоны	Грунтовые воды или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи грунтов; почвы болотные или болотные, солончатые и солончаковые солонцы	Грунтовые воды или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи грунтов; почвы болотные, солончатые и солончаковые солонцы

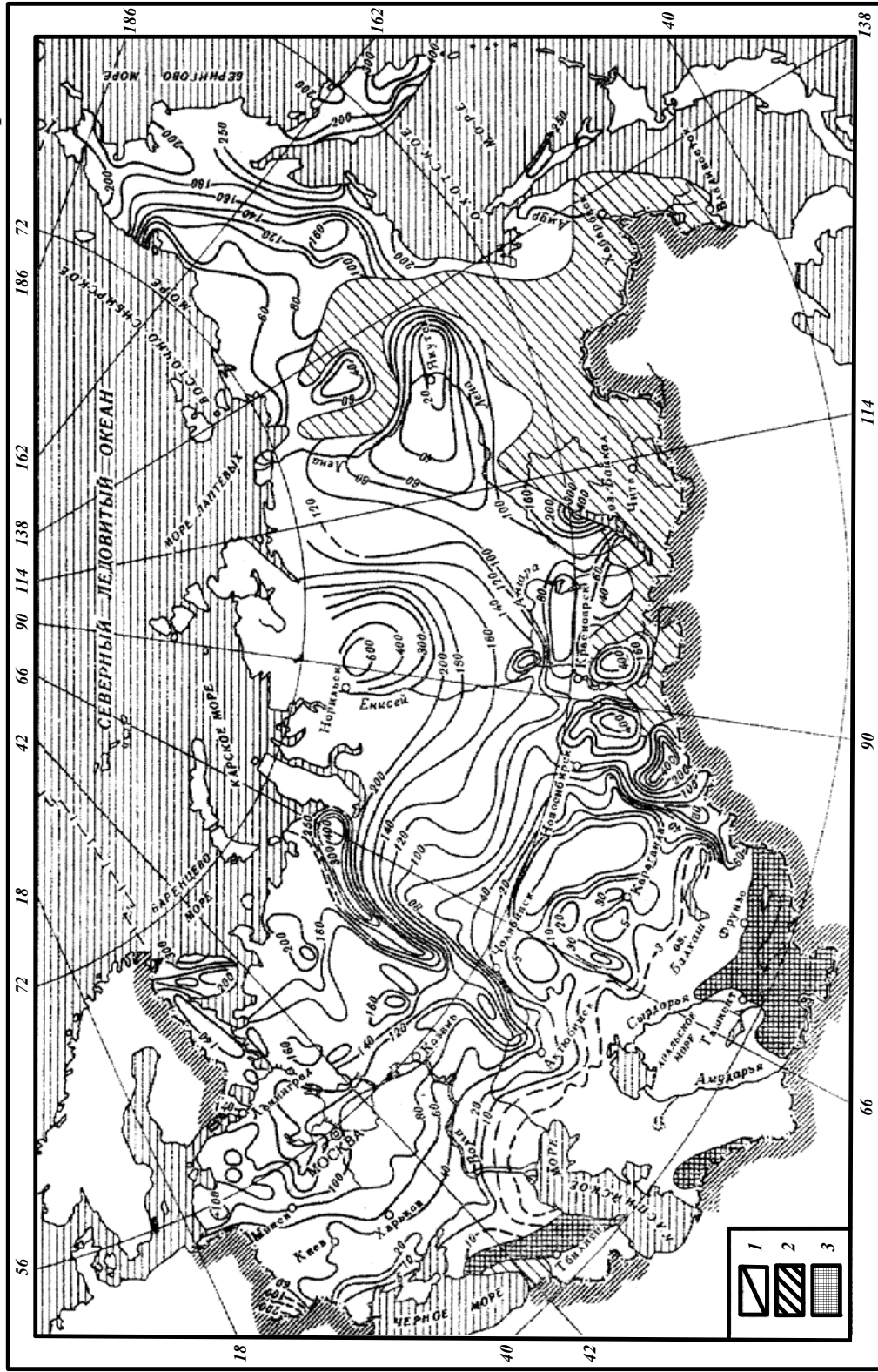
П р и м е ч а н и я :

1. Участки, где залегают песчано-гравийные и песчаные грунты (за исключением мелких пылеватых песков) мощностью более 5 м при расположении уровня грунтовых вод на глубине более 3 м во II и III зонах и более 2 м в IV и 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 в 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 и легких крупных, песках пылеватых. Поверхностный сток считается обеспеченным при уклонах поверхности грунта в пределах полосы отвода более 2 ‰.



Карта ливневых районов

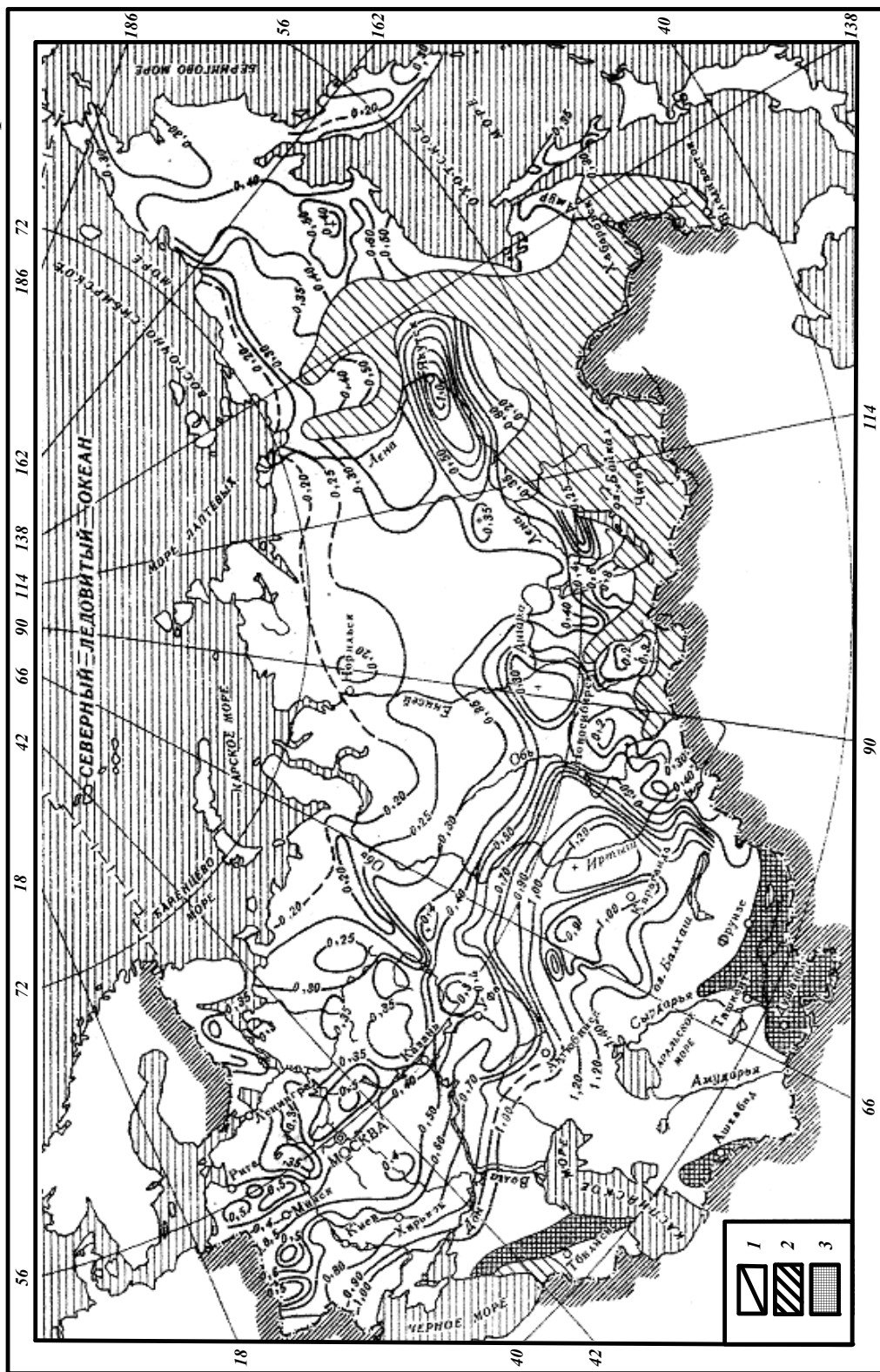
Приложение 7



Карта многолетнего слоя стока талых вод  $h_{sp}$  (мм):

1 – районы, в которых расчетными являются максимальные расходы половодья; 2 – районы, где расчетными являются максимальные дождевые паводки; 3 – горные районы, где весенние половодья не выделяются

Приложение 8



Карта коэффициентов вариации слоя стока во время половодья.  
 1 – районы, в которых рассчитаны расходы половодья; 2 – районы с более опасными ливневыми стоками;  
 3 – горные районы

Приложение 9

Допускаемые скорости течения воды при укреплении русел

Тип укрепления	Допускаемая скорость, м/с	Тип укрепления	Допускаемая скорость, м/с
Засев травой	0,8	Укрепленный грунт толщиной: 5 см 10 см	1,0 2,5
Одерновка плашмя	1,0		
Одиночное мощение на щебне 15...25 см	2,5...3,5	Бетон низких марок	4...6
Одерновка в стену	1,8	Бетонные плиты	5...7
Двойное мощение камнем	3,5...4,5	Перепады	более 5

Приложение 10

Донная и средние допускаемые (неразмывающие) скорости течения воды для грунтов

Грунт	Разновидность	Донная неразмывающая скорость, м/с	Средние неразмывающие скорости (м/с) при плоском равномерном движении воды в зависимости от глубины русел, м			
			0,2...0,5	1	2	3
Песок	мелкий	0,20	0,45	0,55	0,60	0,65
	средний	0,20	0,50	0,60	0,65	0,70
	крупный	0,20	0,55	0,65	0,75	0,80
Гравий	мелкий	0,25	0,55	0,60	0,75	0,80
	средний	0,35	0,70	0,85	0,95	1,05
	крупный	0,50	0,90	1,05	1,20	1,35
Супеси	малоплотные	0,20	0,20	0,25	0,30	0,35
	среднеплотные	0,30	0,30	0,40	0,45	0,50
	плотные	0,40	0,40	0,50	0,55	0,60
	очень плотные	0,50	0,50	0,60	0,70	0,80
Глины и суглинки	малоплотные	0,35	0,35	0,40	0,45	0,50
	среднеплотные	0,70	0,70	0,85	0,95	1,10
	плотные	1,00	1,00	1,20	1,40	1,50
	очень плотные	1,25	1,25	1,40	1,90	2,10

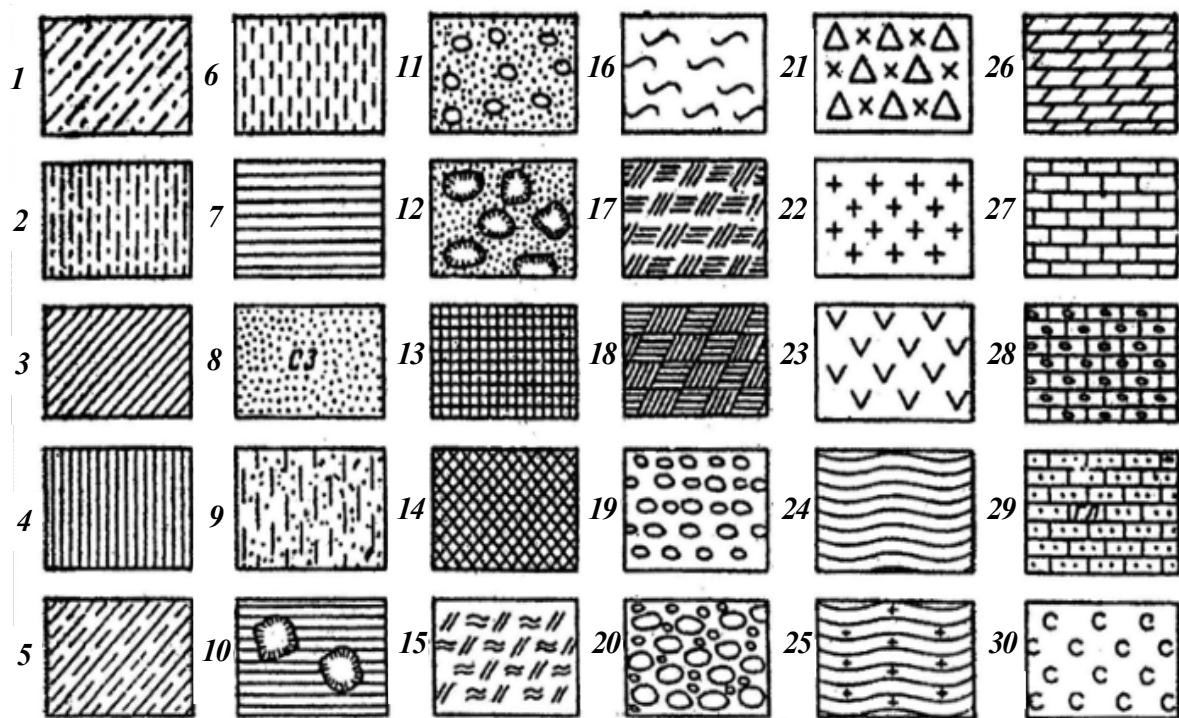
Значения скоростной характеристики  $G$  для боковых канав

Гидравлический радиус $r$ , м	Значение скоростной характеристики $G$ при коэффициенте шероховатости русла				
	0,025	0,030	0,033	0,040	0,050
1	2	3	4	5	6
0,10	7,10	5,54	5,60	4,45	3,36
0,12	8,14	6,36	6,40	5,10	3,86
0,14	9,15	7,19	7,15	5,74	4,36
0,16	10,1	7,99	7,90	6,32	4,86
0,18	11,0	8,76	8,60	6,90	5,75
0,20	12,0	9,54	9,27	7,50	6,19
0,22	12,9	10,2	9,95	8,04	6,62
0,24	13,7	10,9	10,6	8,57	6,80
0,26	14,5	11,7	11,2	9,12	7,04
0,28	15,4	12,3	11,9	9,60	7,47
0,30	16,2	13,1	12,5	10,4	7,88
0,32	17,0	13,7	13,1	10,7	8,27
0,34	17,8	14,4	13,7	11,2	8,67
0,36	18,6	15,0	14,2	11,7	9,05
0,38	19,3	15,6	14,8	12,10	9,46
0,40	20,2	16,3	15,4	12,6	9,85
0,45	21,9	17,9	16,9	13,8	10,8
0,50	23,8	19,4	18,1	14,9	11,7
0,55	25,6	20,8	19,4	16,0	12,6
0,60	27,3	22,4	20,6	17,0	13,5
0,65	29,0	23,8	22,0	18,1	14,30
0,70	30,6	25,1	23,2	19,2	15,2
0,75	32,2	26,6	24,3	20,2	16,0
0,80	33,9	28,8	25,4	21,2	16,8
0,85	35,4	29,4	26,7	22,2	17,7
0,90	37,0	30,8	27,8	23,1	18,4
0,95	38,5	32,1	28,9	24,1	19,2
1,00	40,0	33,3	30,0	25,0	20,0

Примечание. Значения коэффициента шероховатости: 0,025 – для естественных земляных русел (чистых и прямых); 0,033 – для периодических водотоков при хорошем состоянии поверхности ложа; 0,040 – для сравнительно чистых русел; 0,050 – для заросших русел.



Условные обозначения грунтов и горных пород на геологических разрезах  
продольных и поперечных профилей дорог



- 1 – супесь; 2 – супесь мелкая; 3 – суглинок; 4 – суглинок тяжелый;  
 5 – суглинок пылеватый; 6 – грунт пылеватый; 7 – глина; 8 – песок  
 среднезернистый; 9 – песок пылеватый; 10 – глина валунная; 11 – песок  
 гравелистый; 12 – каменный навал; 13 – торф; 14 – сапропель;  
 15 – мохорастительный покров; 16 – ил, иловатый грунт; 17 – насыпной  
 грунт; 18 – строительный мусор; 19 – гравий; 20 – галька; 21 – дресва,  
 хрящ; 22 – гранит; 23 – диабаз; 24 – сланец глинистый; 25 – сланец  
 метаморфический; 26 – мергель; 27 – известняк; 28 – известняк  
 ракушечник; 29 – песчаник (со значком «гл» – глинистый, «кв» –  
 кварцевый и т.д.); 30 – засоленность грунта  
 (показывается дополнительно)

## О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
1. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ .....	4
1.1. Изучение и описание района проложения трассы .....	4
1.2. Установление категории проектируемой дороги .....	5
1.3. Назначение норм проектирования дороги .....	12
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ В ПЛАНЕ .....	17
2.1. Трассирование дороги .....	17
2.2. Проектирование плана трассы .....	19
2.3. Составление ведомости углов поворота, прямых и кривых .....	26
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАЛЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ .....	31
3.1. Определение расчетного расхода воды с малых водосборов .....	31
3.2. Проектирование водопропускных круглых труб .....	38
3.3. Определение основных параметров малых железобетонных мостов .....	48
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОГИ В ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ .....	57
4.1. Изображение продольного профиля дороги .....	57
4.2. Проектирование линии поверхности земли .....	64
4.3. Размещение водопропускных сооружений .....	66
4.4. Проектирование проектной линии дороги .....	67
4.5. Расчет и построение вертикальных кривых .....	72
4.6. Изображение гидрогеологических характеристик дороги на продольном профиле .....	75
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ДОРОГИ .....	77
5.1. Проектирование дороги в насыпи .....	77
5.2. Проектирование дороги в выемке .....	80
5.3. Особенности проектирования земляного полотна дорог при сложных природных условиях .....	83
5.4. Конструктивная разработка поперечного профиля проезжей части и земляного полотна дороги .....	85
5.5. Проектирование уширений проезжей части и земляного полотна .....	88
5.6. Проектирование виражей .....	91
5.7. Обеспечение видимости поверхности дороги в плане .....	95
5.8. Определение объемов земляных работ .....	96
6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД .....	100
6.1. Определение требуемого модуля упругости дорожной одежды .....	100
6.2. Рекомендации по разработке конструкций дорожных одежд .....	104



6.3. Определение расчетных характеристик грунта рабочего слоя земляного полотна .....	110
6.4. Назначение расчетных характеристик конструктивных слоев дорожной одежды .....	117
6.5. Расчёт нежёсткой дорожной одежды по критерию упругого прогиба.....	119
7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА....	128
7.1. Проектирование системы отвода поверхностных вод.....	128
7.2. Проектирование подземного водоотвода.....	136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	140
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	141
Приложения .....	144

Учебное издание

Домке Эдуард Райнгольдович  
Подшивалова Кристина Сергеевна

ПУТИ СООБЩЕНИЯ,  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ:  
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Книга 1  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
Учебное пособие

Редактор М.А. Сухова  
Верстка Н.В. Кучина

---

Подписано в печать 28.02.13.      Формат 60x84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 9,88 .      Уч.-изд.л. 10,625.      Тираж 300 экз. 1-й завод 100 экз.  
Заказ № 60.

---

Издательство ШУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28





