

4981



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Проектирование дорог»

Л. Р. МЫТЬКО

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

*Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта*

**Минск
БНТУ
2018**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Проектирование дорог»

Л. Р. МЫТЬКО

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Автомобильные и железные дороги» для студентов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» и по дисциплине «Проектирование автомобильных дорог» для студентов специальности 1-27 01 01-03 «Экономика и организация производства (автодорожное хозяйство)»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области строительства и архитектуры*

Минск
БНТУ
2018

УДК 625.7:8(075.8)

ББК 39.311.7

М79

М95

Рецензенты:

ведущий научный сотрудник БелдорНИИ *В. В. Штабинский*;
зав. кафедрой «Лесные дороги и организация вывозки
древесины» БГТУ *М. Т. Насковец*

Мытько, Л. Р.

М79 Проектирование участка автомобильной дороги : учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Автомобильные и железные дороги» для студентов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» и по дисциплине «Проектирование автомобильных дорог» для студентов специальности 1-27 01 01-03 «Экономика и организация производства (автодорожное хозяйство)» / Л. Р. Мытько. – Минск: БНТУ, 2018. – 117 с.

ISBN 978-985-550-632-5.

В учебно-методическом пособии приведена структура пояснительной записки курсового проекта. Изложена методика выполнения отдельных разделов проекта, даны рекомендации по его оформлению.

УДК 625.7:8(075.8)

ББК 39.311.7

ISBN 978-985-550-632-5

© Мытько Л. Р., 2018

© Белорусский национальный
технический университет, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ.....	7
1.1. Природные и климатические условия.....	7
1.2. Рельеф местности.....	7
1.3. Инженерно-геологические и гидрологические условия.....	7
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ.....	8
2.1. Установление технической категории автомобильной дороги.....	8
2.2. Определение расчетного расстояния видимости.....	9
2.3. Определение радиусов горизонтальных кривых.....	10
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ.....	13
3.1. Проектирование варианта плана трассы.....	13
3.2. Подбор радиусов круговых и длин переходных кривых закруглений.....	15
3.3. Проектирование закругления малого радиуса.....	17
3.4. Разбивка пикетажа, составление ведомости прямых и кривых.....	20
3.5. Оформление чертежа «План дороги».....	26
4. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ.....	28
4.1. Определение отметок поверхности земли по оси трассы.....	29
4.2. Назначение руководящих рабочих отметок и контрольных точек.....	31
4.3. Правила заполнения верхней части чертежа продольного профиля.....	33
4.4. Правила заполнения таблицы исходной информации и проектных решений продольного профиля.....	37
4.5. Составление варианта проектной линии.....	42
4.6. Проектирование вертикальных кривых.....	45

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЮВЕТОВ	52
6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	63
6.1. Типовые поперечные профили насыпи	63
6.2. Типовые поперечные профили выемок	69
7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ	72
7.1. Выбор типа дорожной одежды и расчетной нагрузки	72
7.2. Расчет дорожной одежды по критерию упругого прогиба	74
8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ	87
8.1. Определение характеристик малого водотока	87
8.2. Определение расчетного расхода ливневых вод	88
8.3. Определение диаметра круглой железобетонной водопротускной трубы	93
8.4. Определение длины трубы	95
ПРИЛОЖЕНИЯ	97
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	117

ВВЕДЕНИЕ

Современные автомобильные дороги представляют собой сложные инженерные сооружения, включающие: земляное полотно, дорожную одежду, водопропускные трубы, мосты, путепроводы, технические средства организации дорожного движения (дорожные знаки, дорожная разметка), инженерное оборудование и обустройство (дорожные ограждения, сигнальные столбики), защитные сооружения (снегозащитные и шумозащитные устройства), объекты дорожного сервиса. Автомобильные дороги должны обеспечивать возможность движения потоков автомобилей с высокими скоростями. В течение всего года дорожная одежда должна быть прочной, противостоять динамическим нагрузкам от движения автомобилей, быть ровной и нескользкой.

Автомобильные дороги подвержены активному воздействию многочисленных природных факторов (нагревание солнечными лучами, промерзание и оттаивание, увлажнение выпадающими осадками, грунтовыми водами). Эти особенности должны учитывать проектировщики, строители, работники эксплуатационной службы, которые обязаны обеспечить нормальную круглогодичную службу дороги.

Современные автомобильные дороги обслуживают массовые пассажирские и грузовые перевозки. Они стали местом повседневной работы миллионов водителей, ими пользуются пассажиры автобусов и многочисленные туристы. Все это делает необходимым предъявлять к автомобильным дорогам высокие архитектурно-эстетические требования.

Ошибки при строительстве земляного полотна или дорожных одежд могут быть исправлены при капитальном ремонте. Ошибки, допущенные при проектировании, особенно при выборе трассы, остаются на десятилетия, вызывая неустраиваемые потери автомобильного транспорта.

Классификация и основные параметры автомобильных дорог приведены в техническом кодексе установившейся практики (ТКП) [1].

Автомобильные дороги подразделяют на классы и категории.

Класс автомобильной дороги определяют по функциональному назначению и уровню обслуживания автомобильной дороги.

Автомобильные дороги подразделяют на четыре класса:

- автомагистрали;
- скоростные автомобильные дороги;
- обычные автомобильные дороги;
- автомобильные дороги низших категорий.

Категорию автомобильной дороги принимают в зависимости от расчетной интенсивности движения.

Дорожную сеть Республики Беларусь подразделяют на автомобильные дороги общего пользования и необщего пользования (ведомственные).

Автомобильные дороги общего пользования предназначены для использования любыми лицами с учетом требований, установленных законодательством Республики Беларусь. Автомобильные дороги необщего пользования предназначены для использования в порядке, определяемом ее владельцем (дороги для внутрихозяйственных и технологических перевозок, служебные и патрульные автомобильные дороги вдоль каналов, трубопроводов, линий электропередач, других коммуникаций и сооружений, а также служебные автомобильные дороги к гидротехническим и иным сооружениям).

Протяженность сети автомобильных дорог общего пользования Республики Беларусь составляет более 86 тыс. км.

Автомобильные дороги общего пользования по административному подчинению подразделяют на республиканские (около 16 тыс. км) – 18 % и местные (свыше 70 тыс. км) – 82 %.

Республиканские автомобильные дороги подразделяют на скоростные с индексом М (М1–М14) и обычные с индексом Р (Р1–Р149). Местные дороги обозначают индексом Н.

При проектировании автомобильных дорог проводится технико-экономическое обоснование параметров всех элементов дороги на основе комплексного учета ее народнохозяйственного значения, природных условий и требований эффективности, экономичности и безопасности автомобильных перевозок. Основными разделами учебно-методического пособия являются: обоснование требований к элементам автомобильной дороги и их взаимному сочетанию, проектирование плана трассы, выбора типа земляного полотна, расчета слоев дорожных одежд, определение параметров водопропускных сооружений.

При подготовке к изданию разделов 2–5 данного учебно-методического пособия использованы нормативные документы: ТКП [1] и методические указания [2, 3]. Типовые поперечные профили насыпи и выемок, представленные в разделе 6, приведены из ТКП [4]. Расчет слоев дорожных одежд, изложенный в разделе 7, дан на основе методики, рекомендованной ТКП [5] и учебно-методическим пособием [6]. Раздел 8 подготовлен по материалам, приведенным в типовых конструкциях [7] и методических указаниях [8].

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

1.1. Природные и климатические условия

При разработке проекта участка автомобильной дороги необходимо привести основные природно-климатические характеристики района строительства дороги.

Указать дорожно-климатический район расположения проектируемого участка дороги, климатическую характеристику района, среднюю годовую температуру воздуха, количество осадков. Представить данные о наибольшей высоте снежного покрова при 5 % обеспеченности.

1.2. Рельеф местности

Дать описание рельефа местности в районе проектирования (равнинный, пересеченный, холмистый), указать тип местности по характеру поверхностного стока и степени увлажнения, абсолютные отметки рельефа над уровнем моря.

1.3. Инженерно-геологические и гидрологические условия

Привести данные о физико-механических свойствах грунтов, преобладающих по трассе автомобильной дороги.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

2.1. Установление технической категории автомобильной дороги

Техническую категорию автомобильной дороги назначают по перспективной интенсивности движения:

$$N_t = N_0 (1 + 0,01p)^{t-1}, \text{ авт./сут,}$$

где N_0 – начальная интенсивность движения, авт./сут;
 p – ежегодный прирост интенсивности, %;
 t – расчетный период ($t = 20$ лет).

По полученной расчетной интенсивности движения автомобилей определяют техническую категорию дороги (табл. 2.1) [1].

Таблица 2.1

Классификация автомобильных дорог

Класс дороги	Категория дороги	Область применения	Расчетная интенсивность движения, авт./сут		Расчетная скорость, км/ч
			Республиканские дороги	Местные дороги	
1	2	3	4	5	6
Автомобильные магистрали	I-a	Участки республиканских магистральных дорог протяженностью не менее 150 км с долей транзита в потоке более 50 %	Более 8000	–	140
Скоростные автомобильные дороги	I-b	Подходы к крупнейшим городам на расстоянии 40–50 км, к аэропортам, кольцевые дороги вокруг крупнейших городов	Более 10 000	–	120

1	2	3	4	5	6
Обычные автомобильные дороги	I-в	В остальных случаях	Более 10 000	—	120
	II		5000–10 000	Более 7000	120
	III		2000–5000	3000–7000	100
	IV		200–2000	400–3000	80
	V		До 200	100–400	60
Автомобильные дороги низших категорий	VI-а	Подъезды к малым сельским поселениям	—	25–100	40
	VI-б		—	До 25	30

2.2. Определение расчетного расстояния видимости

Расчетное расстояние видимости S_1 или видимость поверхности дороги определяют по формуле

$$S_1 = V_p t_p / 3,6 + K_3 V_p^2 / [254 (\varphi_1 - i)] + l_{36}, \text{ м},$$

где V_p – расчетная скорость движения автомобиля для дороги принятой технической категории, км/ч; принимается по табл. 2.1;

t_p – время реакции водителя и включения тормозов; $t_p = 2,6$ с;

K_3 – коэффициент, учитывающий эффективность действия тормозов, величину которого можно принять равной 1,3 для легковых автомобилей и 1,85 – для остальных;

φ_1 – коэффициент продольного сцепления дорожного покрытия ($\varphi_1 = 0,55$);

i – продольный уклон участка дороги, равный максимально допустимому для принятой категории дороги (табл. 2.2);

l_{36} – зазор безопасности между автомобилем и препятствием ($l_{36} = 5$ м).

Таблица 2.2

Допускаемые параметры элементов автомобильных дорог

Категория дороги	I-а	I-б, I-в, II	III	IV	V
Расчетная скорость, км/ч (основная)	140	120	100	80	60
$R_{\text{вып мин}}$, м	25 000	15 000	8000	4000	1500
$R_{\text{вог мин}}$, м	8000	6000	4000	2500	1500
Уклон i_{max} , ‰	40	40	50	60	70
Расчетное расстояние видимости поверхности дороги, м	350	250	160	100	60

Примечание. В стесненных условиях допускается проектировать отдельные участки дорог с допускаемыми расчетными скоростями, меньшими приведенных в табл. 2.2 на 20 км/ч.

2.3. Определение радиусов горизонтальных кривых

На автомобиль, движущийся с постоянной скоростью по криволинейному участку дороги, действует центробежная сила, направленная по радиусу кривизны закругления от его центра (рис. 2.1).

Радиус горизонтальной кривой для случая двухскатного поперечного профиля проезжей части вычисляют по формуле

$$R = \frac{V^2}{127(\mu - i_n)}, \text{ м,}$$

где V – расчетная скорость для дороги принятой категории, км/ч;

μ – коэффициент поперечной силы по условиям удобства пассажиров

$$\mu = 0,2 - 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot V;$$

i_n – поперечный уклон проезжей части в долях единицы.

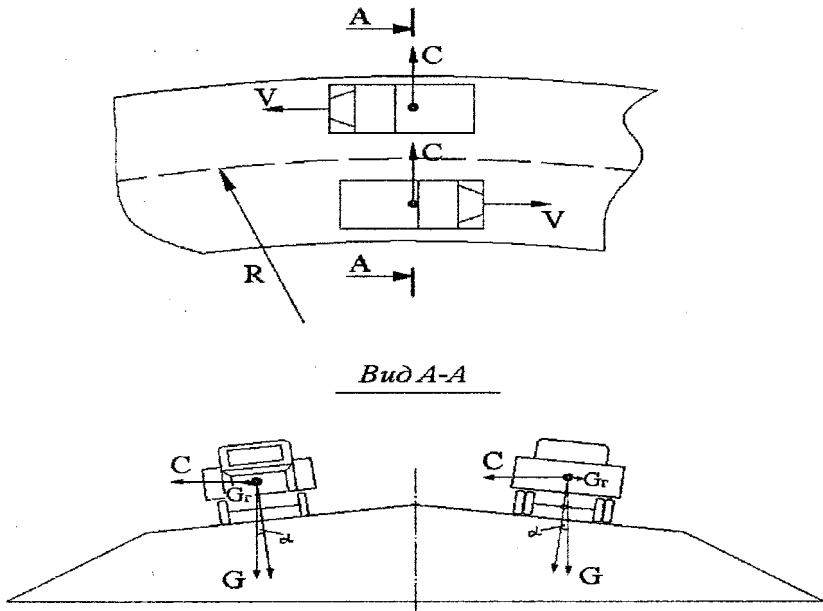


Рис. 2.1. Схема сил, действующих на автомобиль на закруглении дороги

Минимальный радиус горизонтальной кривой для односкатного (вираж) поперечного профиля проезжей части при соблюдении условия ($i_n = i_b$) вычисляют по формуле

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(\mu + i_n)}, \text{ м,}$$

Поперечный уклон проезжей части с двухскатным поперечным профилем зависит от категории дороги и типа покрытия:

- на автомобильных дорогах II–V технической категории поперечный уклон проезжей части принимают равным 0,020 (20 ‰);
- автомобильных дорогах I технической категории – 0,025 (25 ‰).

Вычисленные по формуле значения радиусов горизонтальных кривых округляют в большую сторону с точностью до 10 м.

Минимальный радиус кривых в плане при наличии виража определяют по формуле

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(\mu + i_b)}, \text{ м,}$$

где i_b – поперечный уклон виража в долях единицы.

Максимальный уклон виража (i_b) по нормам ТКП составляет:

- в северном дорожно-климатическом районе – 40 %;
- центральном – 45 %;
- южном – 50 % [1].

(Деление территории Республики Беларусь на дорожно-климатические районы приведено в прил. А [1]).

В табл. 2.3 приведены основные характеристики элементов автомобильных дорог.

Таблица 2.3

Технические параметры элементов автомобильных дорог

Наименование элементов	Значение элементов для категорий					
	I-a	I-б, I-в	II	III	IV	V
Число полос движения	4; 6	4; 6				
Ширина полосы движения, м	3,75	3,50	2	2	2	2
Ширина обочины, м	3,75	3,00	3,50	3,50	3,0	2,75
в том числе:			3,00	2,50	2,0	1,25
– укрепленной полосы, м	–	0,5	0,75	0,50	0,50	–
– остановочной, м	2,5	2,5	–	–	–	–
Наименьшая ширина разделительной полосы, м,	2 + s	2 + s	–	–	–	–
в том числе укрепленной полосы, м	0,75	0,50	–	–	–	–
Ширина дорожного полотна, м:						
– четыре полосы движения	24,5 + s	22 + s	13,0	12,0	10,0	8,0
– шесть полос движения	32 + s	29 + s				

Примечание: s – ширина ограждения.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

3.1. Проектирование варианта плана трассы

Трассой автомобильной дороги называют положение оси дороги на местности в виде прямых и кривых. Различают две проекции оси автомобильной дороги. Горизонтальную проекцию оси дороги называют *планом трассы*, вертикальную – *проектной линией*.

Исходной информацией для проектирования плана трассы являются карта местности масштабом 1:5000, начальный и конечный пункты.

Перед проектированием варианта трассы выясняют препятствия трассированию и контрольные точки. Препятствиями являются озера и населенные пункты. Контрольными точками могут быть места пересечения с железными и автомобильными дорогами, реками.

Варианты плана трассы рекомендуется проектировать методом упругой линии с помощью гибкой линейки с учетом контрольных точек и препятствий [2].

Полученное криволинейное очертание плана трассы представляет примерное ее положение. Для обеспечения возможности выноски этой трассы на местность кривую заменяют ломаной прямой (рис. 3.1).

В местах изменения направления прямых измеряют углы поворота трассы (α_1, α_2), расстояние между вершинами углов (Π_2), расстояние от начала участка трассы до ближайшей вершины угла (Π_1), от вершины угла до конца трассы (Π_3), а также биссектрисы закруглений (B_1), (B_2).

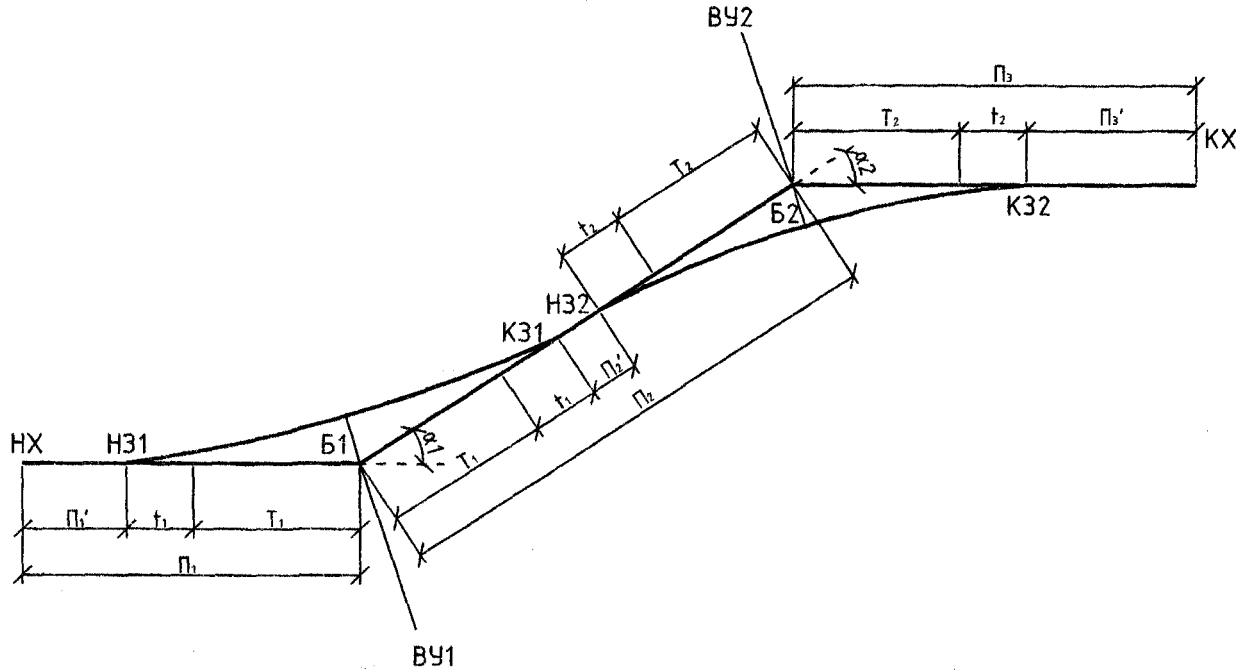


Рис. 3.1. Схема замены криволинейного плана трассы ломаным очертанием

3.2. Подбор радиусов круговых и длин переходных кривых закруглений

В углы поворота вписывают закругления. Радиус кривых назначают не менее рекомендуемого. Если невозможно вписать кривые с радиусом не менее рекомендуемого, то целесообразно изменить положение вершины угла или изменить величину биссектрисы. При невозможности изменить положение вершины угла необходимо уменьшить радиус закругления ниже рекомендуемого. Применение радиусов менее рекомендуемых необходимо обосновать в пояснительной записке. Минимальное значение радиуса горизонтальной кривой следует назначать на категорию выше проектируемой. Это позволит в будущем осуществить перевод дороги в более высокую категорию без изменения плана.

Радиусы закруглений ориентировочно можно определить по величине биссектрисы B_i и угла поворота α_i :

$$R_i = \frac{B_i}{\frac{1}{\cos(\alpha_i / 2)} - 1}$$

Если в результате расчета величина одного или нескольких радиусов оказались меньше минимального, то следует изменить положение плана трассы с целью уменьшения угла поворота α_i или увеличения биссектрисы B_i . Затем повторно вычислить радиусы кривых.

Рекомендуемые ТКП 45-3.03-19 значения радиуса круговой кривой для двухскатного поперечного профиля проезжей части принимают равным:

- 3000 м и более – для автомобильных дорог I технической категории;
- 2000 м и более – для автомобильных дорог II–IV технической категории;
- 1000 м и более – для автомобильных дорог V технической категории.

При устройстве дорожной одежды переходного типа минимальный радиус круговой кривой при двухскатном поперечном профиле

проезжей части для автомобильных дорог IV принимают не менее 1000 м. Для автомобильных дорог V технической категории минимальный радиус круговой кривой назначают не менее 600 м.

Если полученные при расчете радиусы закруглений оказались менее рекомендуемых, то вводят переходные кривые.

Длины переходных кривых на закруглениях с радиусами менее рекомендуемых назначают в соответствии с табл. 3.1

Таблица 3.1

Минимальная длина переходных кривых

Радиусы круговых кривых, м	Наименьшие длины переходных кривых, м, для дорог категорий			
	I-a	I-б, I-в, II, III	IV-V с дорожной одеждой усовер- шенствованного типа	IV-V с дорожной одеждой пере- ходного типа
2000	200	200	100	
1800	180	180	100	
1500	150	150	100	
1200	160	120	100	
1000	170	120	100	
800	150	150	100	
600	—	170	120	60
500	—	130	140	70
400	—	—	150	90
300	—	—	130	120
250	—	—	100	100
200	—	—	90	90
150	—	—	80	80

Для определения возможности вписывания закруглений проверяют достаточность длин прямых Π_1, Π_2, Π_3 (см. рис. 3.1) для размещения общих тангенсов $(T_i + t_i)$.

Ориентировочные значения тангенсов круговых кривых можно определить, принимая сдвигу (p) равную нулю.

$$T_i = R_i \operatorname{tg}(\alpha_i / 2).$$

Смещение начала закругления (t_i) принимают равным половине длины переходной кривой ($0,5 L_i$).

Длина крайних прямых Π_1, Π_3 должна быть не меньше общего тангенса крайних закруглений. Необходимо, чтобы соблюдалось следующее условие:

$$\Pi_1 \geq T_1 + t_1, \quad \Pi_3 \geq T_3 + t_3.$$

Длина промежуточной прямой Π_2 должна быть не менее суммы общих тангенсов соседних закруглений:

$$\Pi_2 \geq (T_1 + t_1) + (T_2 + t_2).$$

Если это условие не соблюдается, то необходимо уменьшить радиус первого или второго закругления так, чтобы он был не меньше минимального значения, определенного ранее. Затем определяют новые значения общих тангенсов и проверяют возможность вписывания закруглений.

3.3. Проектирование закругления малого радиуса

На закруглении с радиусами менее рекомендуемых предусматривают переходные кривые и виражи, а также уширение проезжей части. Схема закругления малого радиуса представлена на рис. 3.2 [3].

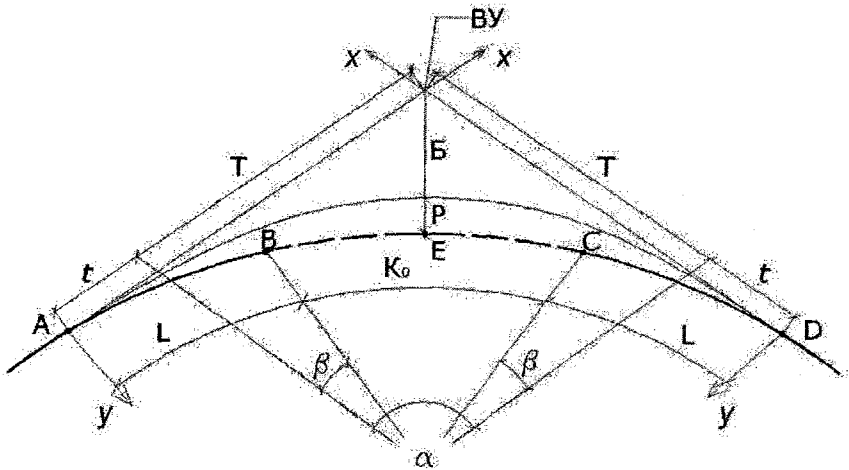


Рис. 3.2. Элементы закругления с симметричными переходными кривыми

Расчет параметров элементов закругления малого радиуса ведут в следующей последовательности.

Длину переходной кривой L определяют по табл. 3.1 в зависимости от величины радиуса кривой, технической категории автомобильной дороги и типа дорожной одежды.

Затем определяют угол β , на который уменьшается круговая кривая при вписывании одной переходной кривой:

$$\beta = \frac{L}{2R} \cdot \frac{180}{\pi}, \text{ градусы.}$$

Далее проверяют условие возможности разбивки закругления с переходной кривой:

$$\alpha \geq 2\beta,$$

где α – угол поворота трассы.

Если условие не выполнено, то следует изменить длину переходной кривой или угол поворота трассы.

Длину круговой кривой K_0 вычисляют по формуле

$$K_0 = R\pi(\alpha - 2\beta) / 180, \text{ м,}$$

где α – угол поворота трассы в градусах.

Закругления с переходными кривыми обычно выносят на местность методом прямоугольных координат X и Y , помещая начало координат в начало первой переходной кривой и в конец второй.

Координаты конца переходной кривой определяют по формулам:

$$X_B = L - L^3 / 40R^2,$$

$$Y_B = L^2 / 6R - L^4 / 336R^3,$$

где X_B и Y_B – координаты конца переходной кривой.

Затем определяют смещение t и сдвигку p переходной кривой:

$$t = X_B - R \sin \beta; \quad p = Y_B - R (1 - \cos \beta).$$

Вычисляют тангенс T , домер \bar{D} и биссектрису B закругления малого радиуса:

$$T = (R + p) \operatorname{tg} (\alpha/2),$$

$$\bar{D} = 2(T + t) - (2L + K_0).$$

$$B = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right).$$

Пикетное положение основных точек закругления малого радиуса с переходной кривой определяют по формулам:

т. <i>A</i> (начало закругления)	$HЗ = ВУ - (Т + t);$
т. <i>B</i> (начало круговой кривой)	$НКК = HЗ + L;$
т. <i>C</i> (конец круговой кривой)	$ККК = HЗ + L + K_0;$
т. <i>D</i> (конец закругления)	$KЗ = HЗ + 2L + K_0,$
т. <i>E</i> (середина закругления)	$CЗ = HЗ + L + K_0/2, CЗ = ВУ + Б + p.$
Проверка расчета	$KЗ = ВУ + (Т + t) - Д.$

Пикетное положение основных точек закругления с радиусами более рекомендуемых без переходной кривой определяют по формулам: $HЗ = ВУ - Т; KЗ = HЗ + K; CЗ = ВУ + Т - Д.$

На каждом закруглении при известных значениях a, R, L вычисляют элементы закругления и пикетные положения основных точек закругления с точностью до 0,01 м.

3.4. Разбивка пикетажа, составление ведомости прямых и кривых

Разбивка пикетажа включает нанесение пикетов и плюсовых точек на трассе с помощью измерителя и установление пикетного положения вершин углов поворота. Обычно начало хода (НХ) принимают равным нулю (ПК0).

Протяженность участков ломаной трассы измеряют по топографической карте и с учетом масштаба определяют их длину.

Пикетное положение первой вершины (ВУ1) определяют по формуле

$$ВУ1 = НХ + П_1.$$

Пикетное положение второй вершины (ВУ2) определяют по формуле

$$ВУ2 = ВУ1 + П_2 - Д_1.$$

Пикетное положение конца хода (КХ) определяют по формуле

$$КХ = \sum П_i - \sum Д_i.$$

На каждом закруглении при известных значениях a, R, L вычисляют остальные элементы закругления с точностью до 0,01 м и пикетные положения основных точек закругления.

Определяют длины оставшихся прямолинейных участков трассы, оставшихся после вписывания закруглений:

$$\Gamma_1 = НЗ_1 - НХ; \quad \Gamma_2 = НЗ_2 - КЗ_1; \quad \Gamma_3 = КХ - КЗ_2.$$

Если между соседними закруглениями имеется прямая вставка, то следует решить: допустима ли она или ее следует устранить. Не рекомендуется короткая прямая вставка между двумя горизонтальными кривыми, направленными в одну сторону. При длине вставки менее 100 м рекомендуется две кривых заменить одной большего радиуса. Прямые вставки длиной 100–300 м рекомендуется заменять переходными кривыми большего параметра. Прямая вставка может быть оставлена при ее длине более 700 м для дорог I, II категорий и более 300 м – для дорог III, IV категорий.

Так как трассу автомобильной дороги проектируют на карте местности, то измеряют дирекционный угол (рис. 3.3).

Дирекционным углом называется горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки между северным направлением вертикальной линии километровой сетки на карте и направлением прямой.

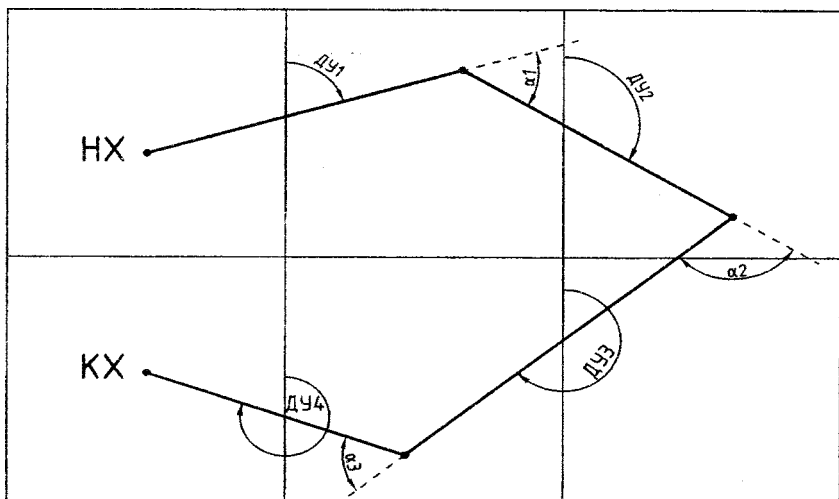


Рис. 3.3. Схема к вычислению дирекционного угла

По величине дирекционного угла определяют магнитный азимут.

Магнитным азимутом называется горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки между северным направлением магнитного меридиана и направлением прямой.

Магнитный азимут направления прямой 3 (рис. 3.4) равен

$$A_1 = ДУ1 \pm Пн,$$

где Пн – поправка направления (угол между вертикальной линией сетки карты и магнитным меридианом). Знак «+» принимают, если магнитный меридиан отклоняется от вертикальной линии сетки карты влево, и знак «-», если он отклоняется вправо.

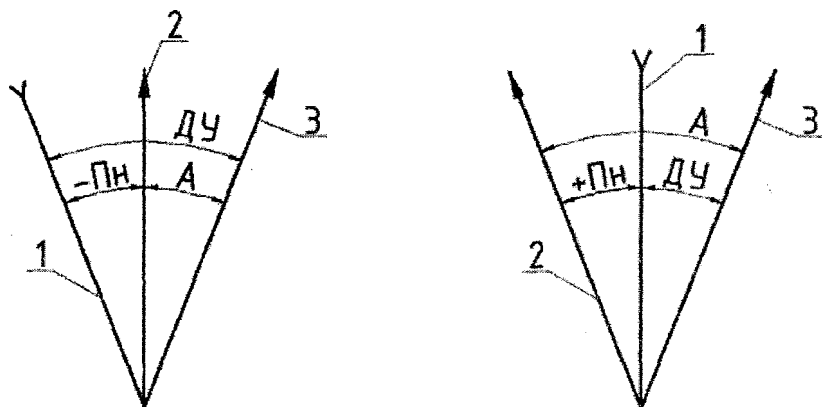


Рис. 3.4. Схема определения магнитного азимута:

1 – линия координатной сетки топографической карты; 2 – магнитный меридиан; 3 – направление прямой

Поправку направления (рис. 3.5) определяют по формуле

$$Пн = \pm d - (\pm j),$$

где d – магнитное склонение (угол между северным направлением истинного и магнитного меридианов);

j – сближение меридианов (угол между северным направлением истинного меридиана и линией координатной сетки топографической карты).

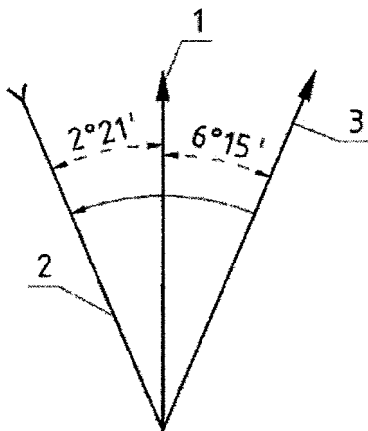


Рис. 3.5. Схема определения поправки направления:
 1 – истинный меридиан; 2 – линия координатной сетки топографической карты местности; 3 – магнитный меридиан

Магнитное склонение принимают со знаком «+», если северный конец магнитной стрелки отклоняется к востоку от истинного меридиана, и со знаком «-», если северный конец магнитной стрелки отклоняется к западу от истинного меридиана.

Сближение меридианов принимают со знаком «+», если вертикальная линия координатной сетки отклоняется к востоку от истинного меридиана, и со знаком «-», если вертикальная линия координатной сетки отклоняется к западу от истинного меридиана.

Значения магнитного склонения и сближения меридианов указаны внизу топографической карты местности.

Пример.

$$\Pi = \pm d - (\pm j) = +6^{\circ}15' - (-2^{\circ}21') = +8^{\circ}36',$$

$$A_1 = ДУ_1 \pm \Pi = 143^{\circ} - (+8^{\circ}36') = 134^{\circ}24'$$

По величине азимута A_1 линии НХ–ВУ₁ вычисляют значения магнитных азимутов остальных линий. Азимут линии Π_2 будет равен

$$A_2 = A_1 \pm \alpha_1.$$

Знак «+» принимают, если трасса поворачивает вправо на угол α , и знак «-», если она поворачивает влево на угол α .

По величине азимутов вычисляют румбы линии.

Румб (магнитный) – острый угол между ближайшим концом меридиана (северного или южного) и направлением прямой.

Если азимут находится в пределах:

– от 0 до 90 градусов, то румб линии по направлению будет северо-восток (СВ), а величина угла равна азимуту (A);

– от 90 до 180 градусов, то румб линии по направлению будет юго-восток (ЮВ), а величина угла равна ($180 - A$);

– от 180 до 270 градусов, то румб линии по направлению будет юго-запад (ЮЗ), а величина угла равна ($A - 180$);

– от 270 до 360 градусов, то румб линии по направлению будет северо-запад (СЗ), а величина угла равна ($360 - A$).

Затем составляют ведомость углов поворота, прямых и кривых. Параметры $T, K, B, D, \beta, t, p, K_0$ для каждого закругления вычисляют по формулам и записывают в табл. 3.2.

В первой строке в графе 1 ставят НХ (начало хода) и его пикетное положение (графы 4, 5), в последней строке – аналогично КХ (конец хода). В промежуточных строках приводят данные по каждому закруглению. Если есть переходная кривая, то графа 8 не заполняется. При отсутствии переходной кривой не заполняются графы 11–15 и 18–21.

Суммируют столбцы 7, 8, 10–12, 15, 24 и получают

$$\Sigma T, \Sigma K, \Sigma D, \Sigma L, \Sigma t, \Sigma K_0, \Sigma П.$$

Проверяют правильность составления ведомости прямых и кривых:

а) по длине трассы:

$$КХ - НХ = \Sigma П + \Sigma K + \Sigma K_0 + 2\Sigma L;$$

б) по домерам:

$$2(\Sigma T + \Sigma t) - (\Sigma K + 2\Sigma L + \Sigma K_0) = \Sigma D.$$

Таблица 3.2

Форма ведомости углов поворота, прямых и кривых

№ пп	α		ВУ		R	Т	К	Б	Д	L	t	β	p	K ₀
	Лево	Право	ПК	+										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

НЗ		НKK (КПК)		ККК (НПК)		КЗ		Длина прямой	Румб
ПК	+	ПК	+	ПК	+	ПК	+		
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

3.5. Оформление чертежа «План дороги»

Разбивку трассы на пикеты выполняют с помощью измерителя. На плане трассы через 100 м намечают пикеты, а в местах переломов рельефа местности, пересечения с автомобильными и железными дорогами, ручьями, реками дополнительно и плюсовые точки. Пикеты и плюсы закрепляют по трассе штрихами и подписывают. На основе топографической карты местности вычерчивают ситуацию в полосе не менее 100 м в каждую сторону от трассы автомобильной дороги с указанием местоположения участков леса, кустарника, пашни, луга и др. На чертеже формата А4 × и в масштабе 1:5000 наносят ломаную трассу и вписывают закругления на основе ведомости углов поворота, прямых и кривых (рис. 3.6).

На чертеже обозначают пикеты и километры, показывают направление «север-юг» стрелкой, временные репера, схему закрепления основных точек трассы. Временные репера обозначают значком ⊗. Рядом с ним указывают номер репера и отметки репера. В числителе указывают отметку репера с точностью до 1 мм, а в знаменателе – отметку поверхности земли с точность до 1 см. Например, $Vp1\ 140,421/140,02$.

На плане дороги обозначают пикетное положение начала и конца трассы, номера вершин углов поворота, данные каждого закругления. На каждом закруглении приводятся основные его параметры (ВУ, α , R, T, K, Б, Д, t, K₀).

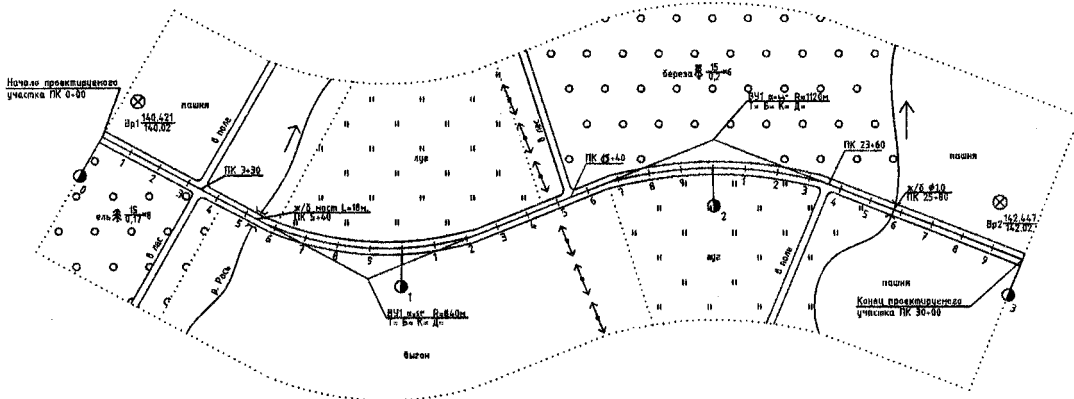
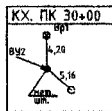
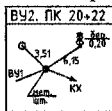
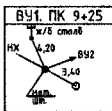
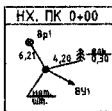
На плане дороги показывают бровки обочин пикетное положение всех пересечений с автомобильными и железными дорогами, линиями связи и электропередач, местоположение и основные параметры мостов и железобетонных труб.

Все надписи на чертеже плана дороги располагают горизонтально. Километры, пикеты подписывают параллельно трассе.

На чертеже приводят схему закрепления основных точек трассы (начало хода, вершин углов поворота, конца хода) и ведомость углов поворота, прямых и кривых (рис. 3.7).

Схема плана дороги

Схема закрепления дороги



Ведомость углов поворота, прямых и кривых

1. Все надписи располагают горизонтально.
2. Километры, пикеты подписывают параллельно трассе.

Стандартный штамп

Рис. 3.6. Фрагмент оформления чертежа «План дороги»

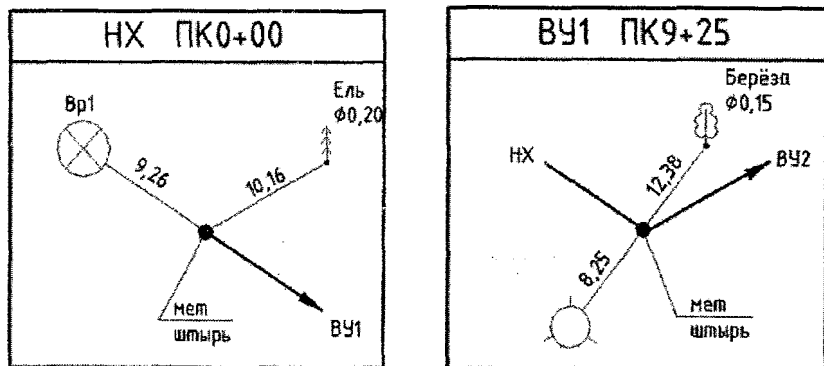


Рис. 3.7. Схема закрепления трассы

4. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

Продольный профиль – это чертеж установленного образца, который вычерчивают на листе миллиметровой бумаги формата $A4 \times n$.

Продольный профиль чертят в следующих масштабах:

- горизонтальный – 1:5000 (1 см равен 50 м, 1 мм равен 5 м);
- вертикальный – 1:500 (1 см равен 5 м, 1 мм равен 0,5 м);
- геологический (грунтовый) – 1:50 (1 см равен 0,5 м, 1 мм равен 5 см).

Черным профилем называют положение поверхности земли вдоль оси дорог II–VI категории или по оси проезжей части одного направления дорог I-а, I-б, I-в категорий.

Проектная линия – положение оси дорог II–VI категории или оси полосы проезжей части одного направления дорог I-а, I-б, I-в категорий.

Различают отметки поверхности земли (черные отметки), проектные и рабочие отметки.

Проектные отметки – отметки проектной линии.

В случае, если проектная линия расположена выше поверхности земли, автомобильная дорога проходит в *насыпи*, если ниже – в *выемке*.

Нулевые точки – пересечение проектной линии с линией поверхности земли (черным профилем), переход насыпи в выемку,

или наоборот, выемки в насыпь. В этих точках рабочие отметки равны нулю.

Рабочие отметки определяют как разность проектных и отметок поверхности земли (черных отметок) на участке, где автомобильная дорога проходит в насыпи и как разность отметок поверхности земли и проектных отметок на участке, где автомобильная дорога проходит в выемке.

Проектирование продольного профиля включает:

- 1) нанесение исходной информации;
- 2) назначение контрольных точек и руководящих рабочих отметок;
- 3) составление вариантов проектной линии;
- 4) проектирование кюветов.

4.1. Определение отметок поверхности земли по оси трассы

Для построения линии поверхности земли (черного профиля) по карте в горизонталях на всех пикетах, переломах местности, в местах пересечения с водостоками, автомобильными и железными дорогами определяют высотные отметки поверхности земли с точностью до 1 см.

Если точка расположена между горизонталями карты, то ее высотную отметку находят **методом интерполяции**. Если точка находится в пределах замкнутой горизонтали, то ее отметку вычисляют **методом экстраполяции**.

Высотную отметку точки m , расположенную между горизонталями, находят **методом интерполяции** (рис. 4.1).

Для этого через точку m проводят линию наибольшего ската av , измеряют ее длину ($av = 20$ мм) и расстояние am от нижерасположенной горизонтали с отметкой 142,5 м до точки m ($am = 14$ мм). Если сечение горизонтали $h = 2,5$ м, то величину Δh определяют по формуле

$$\Delta h = \frac{h \cdot am}{av} = \frac{2,5}{20} \cdot 14 = 1,75 \text{ м.}$$

Так как точка m расположена выше горизонтали с отметкой 142,5, то высотная отметка этой точки будет равна $H_m = 142,5 + 1,75 = 144,25$ м.

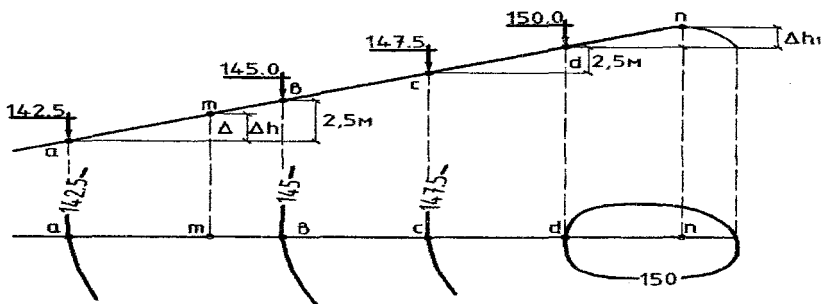


Рис. 4.1. Схема определения отметок поверхности земли по карте

Проверить правильность определения высотной отметки точки m можно от другой соседней горизонтали. Для этого измеряют расстояние vt от вышерасположенной горизонтали с отметкой 145 м до точки m ($vt = 6$ мм). Величину Δh определяют по формуле

$$\Delta h = \frac{h \cdot vt}{av} = \frac{2,5}{20} \cdot 6 = 0,75 \text{ м.}$$

Так как точка m расположена ниже горизонтали с отметкой 145, то высотная отметка этой точки будет равна $H_m = 145 - 0,75 = 144,25$ м.

Высотную отметку точки n , расположенную в пределах замкнутой горизонтали, находят *методом экстраполяции*. На карте измеряют по линии наибольшего ската расстояние cd между ближайшими горизонталями ($cd = 22$ мм) и расстояние от точки n до ближайшей горизонтали ($dn = 8$ мм). Величину Δh определяют по формуле

$$\Delta h = \frac{h}{cd} \cdot dn = \frac{2,5}{22} \cdot 8 = 0,91 \text{ м.}$$

Так как точка n расположена выше горизонтали с отметкой 150, то высотная отметка этой точки будет равна

$$H_n = 150 + 0,91 = 150,91 \text{ м.}$$

Аналогично находят высотные отметки поверхности земли всех пикетов и плюсовых точек. Полученные данные заносят в табл. 4.1.

Расчет отметок черного профиля

ПК+	ab (cd), мм	am (dn), мм	Δh , м	$H_{г}$, м	Отметка, м
1 + 00	20	14	1,75	142,5	144,25
3 + 50	22	8	0,91	150,0	150,91

Положение проектной линии определяют руководящими рабочими отметками, фиксированными и ограничивающими точками.

4.2. Назначение руководящих рабочих отметок и контрольных точек

Руководящие рабочие отметки – это минимальная высота насыпи, которую назначают в зависимости от типа местности по характеру и степени увлажнения поверхностными и грунтовыми водами.

При первом типе местности (сухие места) требуемую высоту насыпи определяют по условию обеспечения незаносимости снегом на открытых участках:

$$h_{p,1} = h_{сн, 5\%} + \Delta h + (0,5b + c)i_{п} + (a - c)i_{о},$$

где $h_{сн, 5\%}$ – высота снега в данной местности с вероятностью превышения 5 %, м. Принимают по климатическим справочникам в зависимости от места расположения участка дороги (например для г. Брест – 0,38, г. Гродно – 0,40, г. Минск – 0,54, г. Гомель – 0,58, г. Могилев – 0,68, г. Витебск – 0,72);

Δh – запас высоты насыпи над снежным покровом для размещения сбрасываемого с дороги снега и увеличения скорости снежного потока над дорогой, равный 1,2 м для дорог I-а категории; 1 м – для дорог I-б, I-в категорий; 0,7 м – для II и III; 0,5 м – для IV–V [1];

b – ширина проезжей части дорог II–V категории или проезжей части одного направления дороги I категории, м;

a – ширина обочины, м;

c – ширина укрепленной полосы или остановочной полосы автомобильных дорог I-а и I-б категорий, м;

i_n, i_o – поперечный уклон проезжей части и обочины, $i_n = 0,020$, $i_o = 0,040$.

Контрольную минимальную отметку проектной линии у труб определяют по двум условиям:

а) по минимальной засыпке трубы грунтом (до устройства дорожной одежды) не менее 0,5 м (рис. 4.2):

$$H_{\min} = H_{\text{гр}} + d + t + 0,5 + h_{\text{мс}} + (0,5b + c)i_n,$$

где $H_{\text{гр}}$ – отметка поверхности земли (черного профиля), м;

d – внутренний диаметр круглой трубы или высота прямоугольной, м;

t – толщина стенки верха трубы, м;

$h_{\text{мс}}$ – толщина монолитных слоев дорожной одежды, м;

i_n – поперечный уклон проезжей части;

b – ширина проезжей части, м;

c – ширина укрепленной полосы, м;

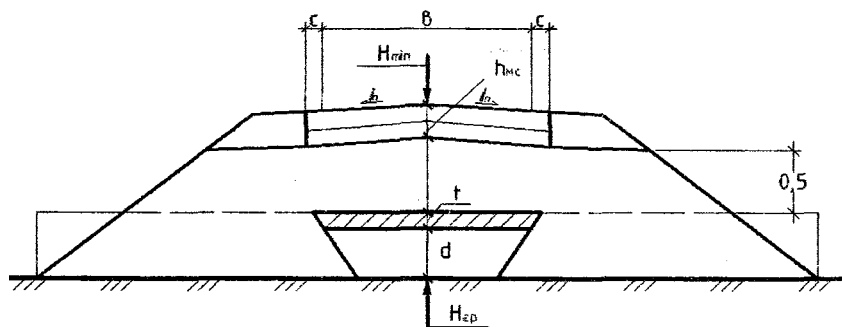


Рис. 4.2. Определение контрольной минимальной отметки проектной линии по минимальной засыпке трубы грунтом

б) по возвышению бровки обочины над уровнем поверхностной воды:

$$H_{\min} = \text{УПВ} + h_6 + i_o (a - c) + i_n(0,5b + c),$$

где УПВ – уровень поверхностной воды у сооружения, м;

h_6 – возвышение бровки обочины над уровнем поверхностной воды, равное 0,5 м при безнапорном режиме протекания воды и 1 м – при напорном режиме;

i_0 – поперечный уклон обочины;

a – ширина обочины, м.

4.3. Правила заполнения верхней части чертежа продольного профиля

Чертеж продольного профиля автомобильной дороги состоит из двух основных частей: верхней и нижней.

В верхней части чертежа размещают отметки поверхности земли (черный профиль), проектную линию, рабочие отметки, грунтовый профиль, временные реперы и их высотные отметки, номер скважин, их глубину, материал изготовления мостов и водопропускных труб, длину мостов, диаметр водопропускных труб, местоположение временных реперов, скважин, мостов и водопропускных труб, пересечений и примыканий (рис. 4.3).

Для построения черного профиля по карте в горизонталях на всех пикетах и переломах местности определяют высотные отметки поверхности земли с точностью до 1 см методом *интерполяции* или *экстраполяции*.

Вычисленные отметки поверхности земли по оси трассы заносят в графу 12 таблицы исходной информации.

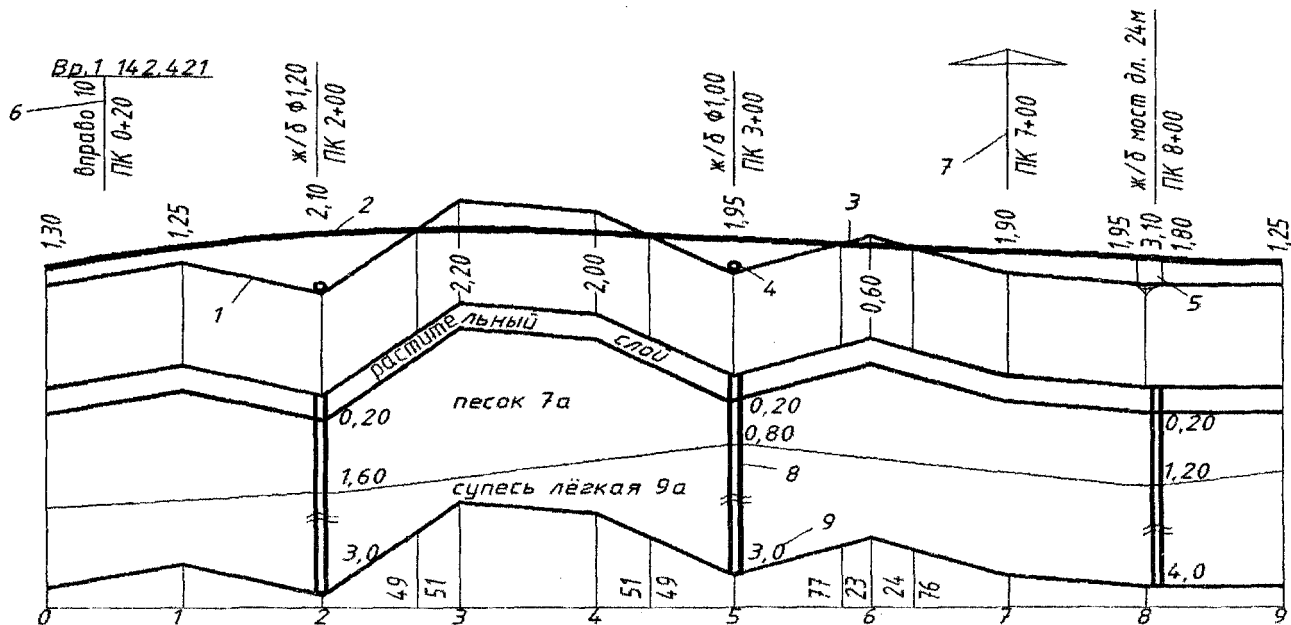


Рис. 4.3. Верхняя часть чертежа продольного профиля:

- 1 – линия рельефа местности (черный профиль); 2 – проектная линия; 3 – нулевая точка; 4 – железобетонная труба;
 5 – железобетонный мост; 6 – временный репер; 7 – пересечение автомобильных дорог; 8 – скважина;
 9 – указана глубина скважины, считая от поверхности в м

Наименьшую высотную отметку поверхности земли (черного профиля) наносят в верхней части чертежа «Продольный профиль» так, чтобы расстояние от нее до верха графы 1 таблицы исходной информации оставалось не менее 7 см (5 см) для размещения геологического профиля, а сантиметровая линия миллиметровой бумаги соответствовала отметке, кратной 5 м (например, 145; 150). В обе стороны от этой точки наносят остальные отметки поверхности земли.

При этом расстояние от наивысшей точки поверхности земли до верхней линии рамки должно быть не менее 3 (2) см для размещения необходимых надписей.

Над продольным профилем наносят временные реперы (не менее двух), трубы, мосты и путепроводы по месту их расположения, пересечения с имеющимися железными и автомобильными дорогами, линиями связи и электропередач, водоотводные и нагорные каналы.

Если расстояние от наивысшей точки черного профиля до верхней линии рамки составляет менее 3 (2) см, то черный профиль смещают по вертикали (рис. 4.4).

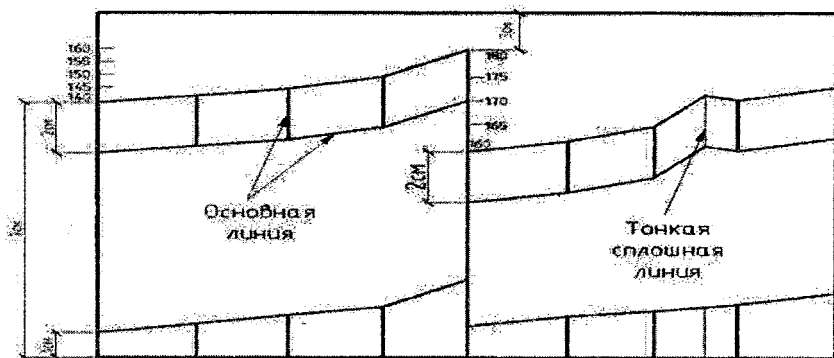


Рис. 4.4. Пример нанесения линии рельефа местности (черного профиля) со смещением по высоте

Точки рельефа местности соединяют сплошной тонкой линией. Параллельно ей на расстоянии 2 см проводят вторую сплошную тонкую линию и соединяют одноименные точки этих профилей вертикальными прямыми: сплошными основными толщиной 0,6–1 мм на пикетах и сплошными тонкими – на плюсовых точках.

На участках перехода насыпи в выемку определяют положение нулевых точек, вычисляя расстояние X до ближайшего пикета.

При переходе насыпи в выемку величину X определяют по формуле

$$X = \frac{h_{\text{н}}}{h_{\text{н}} + h_{\text{в}}} \cdot l = \frac{2,1}{2,1 + 2,2} \cdot 100 = 48,8, \text{ м (принимают 49 м)},$$

где $h_{\text{н}}$, $h_{\text{в}}$ – рабочие отметки (высота насыпи и глубина выемки);
 l – длина участка.

При переходе выемки в насыпь величину X определяют по формуле

$$X = \frac{h_{\text{в}}}{h_{\text{в}} + h_{\text{н}}} \cdot l = \frac{2,0}{2,0 + 1,95} \cdot 100 = 50,6, \text{ м (принимают 51 м)}.$$

Положение нулевой точки показывают пунктиром от проектной линии до верха геологического профиля, а затем от низа геологического профиля до графы 1 таблицы исходной информации. На пункте, ниже геологического профиля, указывают расстояние до соседних пикетов, округленное с точностью до 1 м.

Геологический профиль содержит информацию о залегании грунтов по трассе, их разновидности, наличии грунтовых вод.

Геологический профиль наносят ниже линии рельефа местности в масштабе 1:50. Вдоль трассы через 200–300 м намечают скважины (обязательно в выемках, у искусственных сооружений). Глубина скважин в выемках должна давать представление о геологическом строении ниже проектной линии на 2,5–3 м.

Геологический профиль снизу ограничивается тонкой пунктирной линией. Между границей геологического профиля и верхом графы 1 таблицы исходной информации проводят вертикальные линии, соответствующие пикетам и плюсовым точкам.

Скважины на геологическом профиле обозначают в виде колонки шириной 2 мм.

В колонке скважины указывают номер образца грунта, положение слоя грунта считая от поверхности, уровень грунтовых вод, глубину скважины.

Указывают номера групп в соответствии с классификацией грунта по трудности разработки по табл. 4.2 или таблице НРР 8.03.101–2017.

Таблица 4.2

Обозначение грунта по трудности разработки

Вид грунта	Номер	Вид грунта	Номер
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
Глина мягко- и тугопластичная без примесей	<i>2a</i>	Песок с примесью гравия, гальки до 10 %	<i>7б</i>
То же с примесью щебня, гравия до 10 %	<i>2б</i>	Суглинок легкий, мягкопластичный без примесей	<i>8a</i>
Грунт растительного слоя без корней кустарника и деревьев	<i>3a</i>	То же с примесью гравия, щебня до 10 % и тугопластичный без примесей (суглинок тяжелый)	<i>8б</i>
То же с корнями, кустарника и деревьев	<i>3б</i>	Супесь легкая, пластичная без примесей	<i>9a</i>
Песок без примесей	<i>7a</i>	Торф без древесных корней	<i>10a</i>

4.4. Правила заполнения таблицы исходной информации и проектных решений продольного профиля

В нижней части чертежа размещают таблицу исходной информации и проектных решений, которая состоит из 14-ти стандартных граф.

Форма таблицы исходной информации и проектных решений приведена на рис. 4.5, пример заполнения таблицы – на рис. 4.6.

Развернутый план дороги		1			20	
Тип местности по увлажнению		2			5	
Проектные данные	Тип поперечного профиля	3			5	
	Левый кювет	Укрепление	4		5	
		Уклон, %	5		10	
		Длина, м			5	
	Отметка дна, м	6			15	
	Правый кювет	Укрепление	7			5
		Уклон, %	8		10	
		Длина, м			5	
	Отметка дна, м	9			15	
	Уклон и вертикальная кривая		10			10
Отметка оси дороги		11			15	
Фактические данные	Отметка земли, м	12			15	
	Расстояние, м	13			10	
Пикет		14			5	
Прямая и кривая в плане					10	
Указатель километров					20	
					175	
			10	25	40	
			75			

Рис. 4.5. Таблица исходной информации и проектных решений

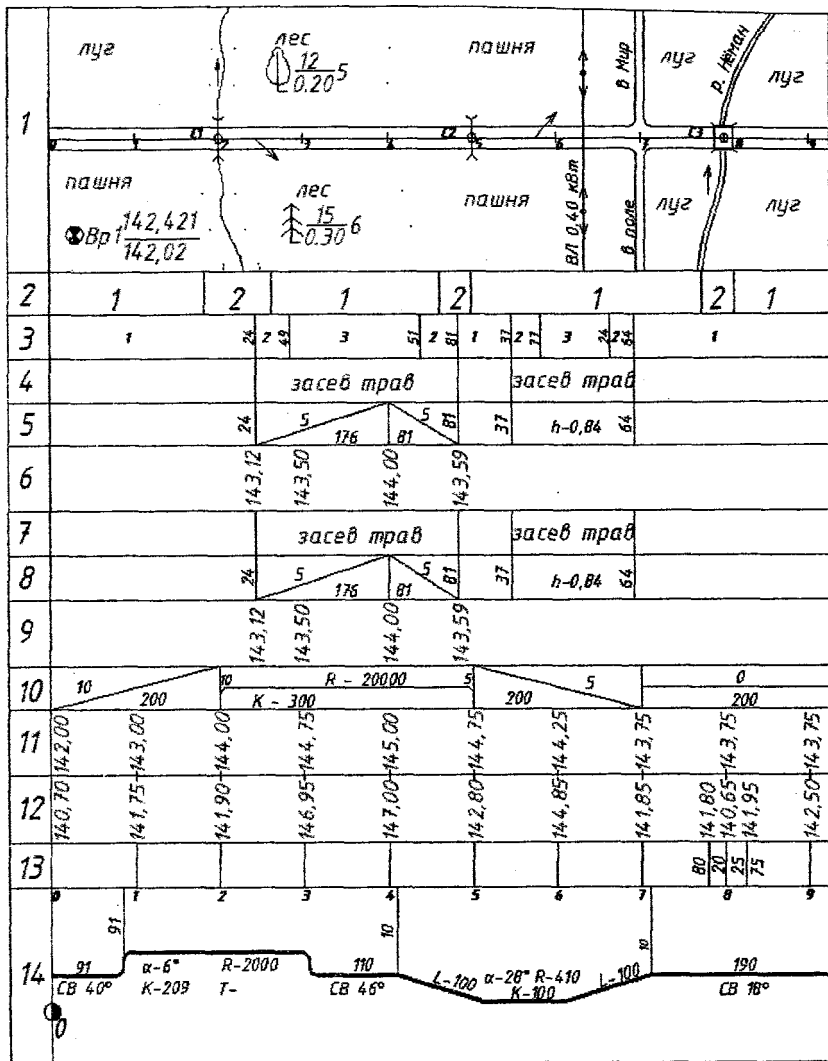


Рис. 4.6. Пример заполнения таблицы исходной информации

В графе 1 приводят план дороги с ситуацией на 100 м в каждую сторону от оси по данным топографической карты. В этой графе обозначают:

- 1) угодья (пашня, пастбище, луг, выгон);
- 2) пересекаемые дороги;
- 3) водотоки;
- 4) линии связи и электропередач;
- 5) положение вершин углов поворота и направление поворота;
- 6) временные реперы с указанием высотных отметок;
- 7) расположение скважин с обозначением их номера и глубины.

В графе 2 указывают границы типов местности по характеру и степени увлажнения.

Тип местности по характеру и степени увлажнения определяется по карте местности.

Типы местности обозначают цифрами 1, 2 или 3.

В зависимости от почвенно-грунтовых условий и степени увлажнения выделяют следующие типы местности:

- 1 – сухие участки, поверхностный сток обеспечен;
- 2 – сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года, кратковременное (до 30 суток) стояние поверхностных вод;
- 3 – мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением.

Можно принимать 1-й тип, если уклоны местности составляют более 2 ‰, 3-й тип – на участках болот или на участках с высоким уровнем грунтовых вод, 2-й тип – в остальных случаях.

В графе 3 обозначают типы поперечного профиля земляного полотна (например, «тип» 2, «тип» 3 и т. д.), указывают границы участка вертикальной линией с расстоянием до ближайших пикетов.

В графах 4–6 приводят данные для левого кювета, а в **графах 7–9** – для правого.

В графе 4 и 7 приводят вариант укрепления кюветов и границы принятых типов укрепления (положение начала и окончания левого и правого кюветов). Например, засев трав, одерновка, мощение камнем, бетонные плиты

В графе 5 и 8 приводят величину уклона, длину левого и правого кюветов, положение начала и окончания левого и правого кюветов на участках, где уклон проектной линии составляет менее 5 ‰. На участках с уклоном проектной линии более 5 ‰ указывают глубину кювета.

В графе 6 и 9 приводят отметка дна кювета на участках, где величина продольного уклона кювета менее 5 %.

В графе 10 продольного профиля обозначают прямые участки проектной линии и вертикальные кривые, пикетное положение начала, конца, длину и величину продольного уклона, пикетное положение начала, конца и параметры вертикальных кривых (радиус, длину, положение вершины кривой), уклон касательной к кривым, сопрягаемым без прямой вставки.

В графе 11 записывают проектные отметки на пикетах, плюсовых точках, обязательно в начале и конце прямых и вертикальных кривых, а также на вершинах кривых.

В графе 12 приведены отметки поверхности земли и в скобках записывают недостающие отметки в точках, в которых имеются проектные отметки, например, начало, конец и вершина вертикальных кривых. Эти отметки вычисляют по интерполяции между соседними черными отметками.

В графе 13 обозначают расстояния между пикетами и плюсовыми точками.

При отсутствии на пикетах плюсовых точек расстояние между пикетами (100 м) не записывают.

В графе 14 по данным ведомости углов поворота, прямых и кривых наносят элементы плана оси дороги:

– прямые участки обозначают прямой линией по середине графы 14. Сверху линии указывают длину прямой, а снизу – ее направление: румб или азимут.

– закругления радиусом более 2000 м без переходных кривых обозначают линией, смещенной относительно прямой приблизительно на 5 мм вверх при поворотах трассы направо и вниз – при поворотах трассы налево. Переходные кривые обозначают наклонной линией, а круговую кривую – прямой линией, смещенной приблизительно на 5 мм вверх или вниз, в зависимости от направления поворота трассы. В пределах кривой указывают номер вершины угла поворота, величину угла поворота, радиус круговой кривой, длину переходной кривой, расстояние от ближайшего пикета до начала и конца переходных и круговых кривых. В верхней части графы 14 указывают номера пикетов (только единицы), а в ее нижней части – километры.

4.5. Составление варианта проектной линии

Перед нанесением проектной линии на продольном профиле трассы отмечают высотное положение контрольных точек и руководящих рабочих отметок. Затем намечают первоначальное положение проектной линии.

Рабочие отметки не должны превышать руководящие отметки более чем на 20–30 см.

При проектировании по секущей следует стремиться прокладывать проектную линию так, чтобы объемы смежных насыпей и выемок были приблизительно равны.

Намечая положение проектной линии, следует избегать частых ее переломов. Особенно нежелательны участки с волнообразным продольным профилем с частой сменой подъемов и спусков. Не следует проектировать длинные участки с постоянным уклоном, для устройства которых потребовалось бы выполнение излишних земляных работ.

Проектную линию можно нанести методом тангенсов в следующей последовательности:

1. На черном профиле намечают контрольные точки и положение руководящих рабочих отметок.

2. С помощью упругой линии или шаблонов вертикальных кривых графически намечают ориентировочное положение проектной линии в виде прямых и плавных кривых с учетом руководящих рабочих отметок, контрольных отметок фиксированных точек и минимальных отметок ограничивающих точек.

3. Полученное ориентировочное положение проектной линии заменяют ломаной прямой с отрезками прямых AB , BC , CD (рис. 4.8).

4. Определяют графически пикетное положение и высотные отметки точек A , B , C , D ломаной.

5. Вычисляют уклоны прямых AB , BC , CD :

$$i_{AB} = (H_B - H_A) / (ПК_B - ПК_A),$$

где i_{AB} – продольный уклон;

H_A , H_B – высотные отметки точек A и B ;

$ПК_A$, $ПК_B$ – пикетное положение точек A и B .

6. Полученное значение величины продольных уклонов округляют до целого значения промилле.

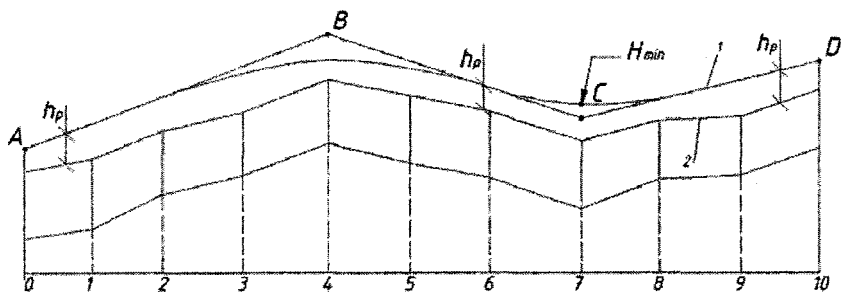


Рис. 4.8. Схема к нанесению проектной линии:
 1 – проектная линия; 2 – линия поверхности земли; h_p – руководящая
 рабочая отметка; H_{\min} – контрольная отметка над трубой

7. Уточняют высотные отметки точек с учетом изменения величины уклона:

$$H_B = H_A + il.$$

8. Если в результате расчета величина продольного уклона равна целому числу промилле, то округлять величину уклона α прямой и уточнять высотные отметки точек не надо.

9. Аналогично вычисляют продольные уклоны всех прямых.

10. Вычисляют переломы смежных прямолинейных участков проектной линии:

$$\omega = i_1 - (-i_2).$$

11. В переломы проектной линии вписывают вертикальные кривые постоянной кривизны.

12. Определяют радиусы вертикальных кривых.

13. Радиусы вертикальных кривых можно определить следующими способами:

13.1. Графически определяют величину биссектрисы (вертикального отклонения кривой от точки перелома прямолинейных участков).

Зная величину биссектрисы кривой и значение перелома проектной линии, вычисляют радиус вертикальной кривой по формуле

$$R_i = 8B_i / \omega^2, \text{ м,}$$

где B_i – условная биссектриса вертикальной кривой;
 ω – алгебраическая разность соседних уклонов.

13.2. На проектной линии намечают начало и конец закруглений, определяют графически их пикетное положение и вычисляют длину вертикальной кривой как разность пикетных положений конца и начала закруглений:

$$K_i = \text{ПККЗ}_i - \text{ПКНЗ}_i$$

Длина выпуклых вертикальных кривых должна быть не менее 300 м, а вогнутых – не менее 100 м.

Радиус вертикальной кривой вычисляют по формуле

$$R_i = K_i / \omega, \text{ м,}$$

где ω – алгебраическая разность соседних уклонов.

13.3. Радиус вертикальной кривой можно определить, зная длину вертикальной кривой и величину биссектрисы кривой, по формуле

$$R_i = K_i^2 / (8B_i), \text{ м,}$$

где K_i – длина вертикальной кривой;

B_i – условная биссектриса вертикальной кривой.

13.4. Радиус вертикальной кривой можно принять, причем его величина должна быть не менее допустимой по ТКП 45-3.03-19-2006 (или табл. 2.2) для заданной категории.

14. Полученный радиус вертикальной кривой сравнивают с минимальным значением по ТКП 45-3.03-19-2006. Если вычисленное значение радиуса будет меньше допустимого по ТКП 45-3.03-19-2006, то изменяют положение эскизной проектной линии и определяют новую величину радиуса вертикальной кривой.

Если радиус вертикальной кривой больше минимального, то округляют полученное значения радиуса с точностью до 100 м.

15. Уточняют длину вертикальной кривой принятого радиуса по формуле

$$K_i = R_i \omega, \text{ м.}$$

4.6. Проектирование вертикальных кривых

При проектировании продольного профиля уклоны и радиусы подбирают таким образом, чтобы проектная линия плавно копировала рельеф местности, а объем земляных работ при этом был бы минимальным. В сложных случаях намечают несколько вариантов, из которых путем сравнения выбирают наилучший [3].

Второй этап проектирования заключается в точной взаимной увязке концов элементов проектной линии – определении координат вершин всех вертикальных кривых, точек сопряжения смежных криволинейных и прямолинейных участков. Расчеты ведут последовательно переходя от одного элемента к другому.

Переломы прямолинейных участков проектной линии образуют малый угол поворота. Для плавного перехода с одного прямолинейного участка на другой в переломы проектной линии вписывают вертикальные кривые (рис. 4.9). Вертикальные кривые, сопрягающие прямолинейные участки, имеют большие радиусы (от 5000 до 50 000 м и более). Величина домера таких закруглений составляет менее 1 см. Поэтому при проектировании вертикальных кривых величину домера принимают равной нулю:

$$D = 2T - K = 0, \text{ тогда } T = 0,5K.$$

Длину вертикальной кривой радиусом R определяют по формуле

$$K = \omega R = [i_1 - (-i_2)]R.$$

Пикетное положение начала и конца кривой вычисляют по следующим зависимостям:

$$H_3 = BУ - T; \quad K_3 = BУ + T.$$

Отметки начала и конца закругления определяют по формулам:

$$H_{H_3} = H_{BУ} - Ti_1; \quad H_{K_3} = H_{BУ} + T(-i_2).$$

Вертикальные кривые бывают выпуклые и вогнутые (рис. 4.10).

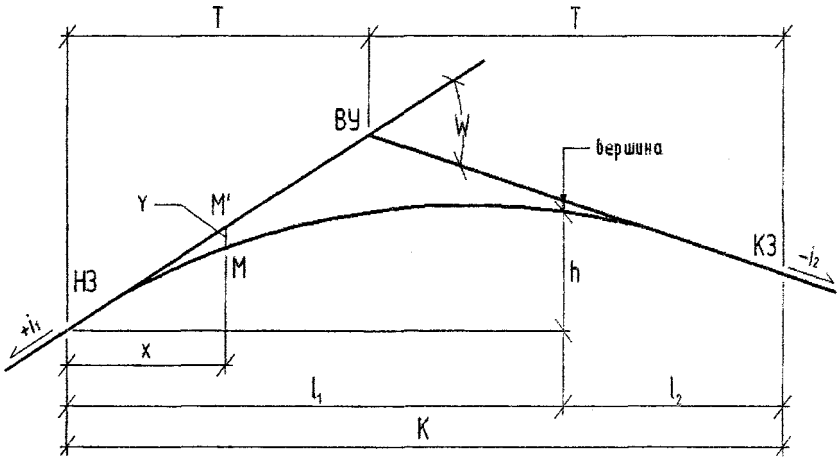


Рис. 4.9. Схема к расчету вертикальной кривой

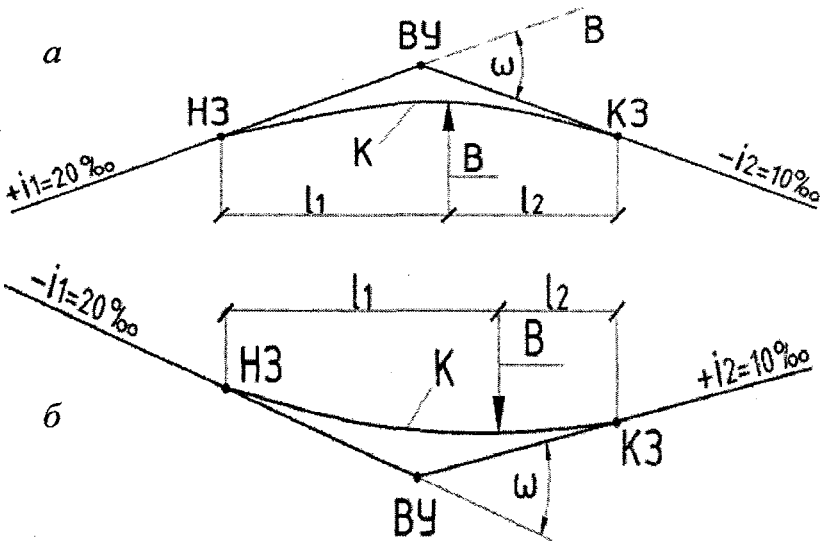


Рис. 4.10. Варианты расположения вершины вертикальной кривой:
 а – на участке выпуклой кривой; б – на участке вогнутой кривой

Точка на вертикальной кривой с наибольшей или наименьшей отметкой называют *вершиной кривой* (*выпуклой* или *вогнутой*).

Если продольные уклоны смежных прямолинейных участков проектной линии разного знака ($+i_1, -i_2$ или $-i_1, +i_2$), то вершина расположена в пределах участка вертикальной кривой (см. рис. 4.10).

Если продольные уклоны прямолинейных участков имеют одинаковый знак, то вершина расположена за пределами кривой (рис. 4.11, 4.12).

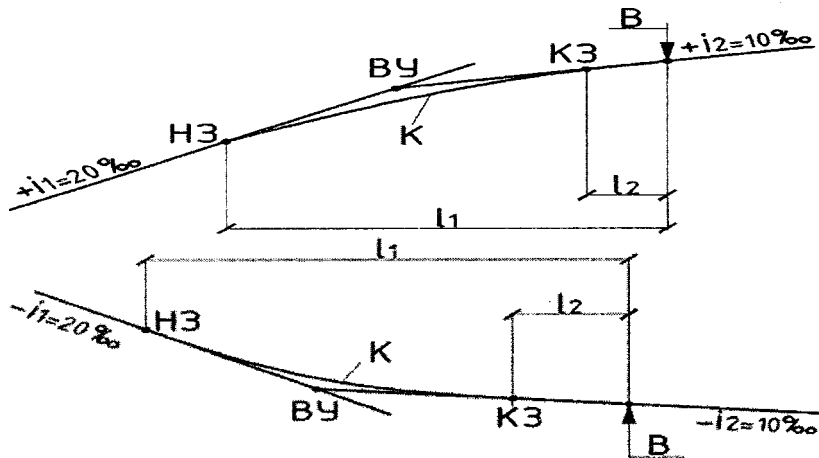


Рис. 4.11. Варианты расположения вершины вертикальной кривой после конца закругления

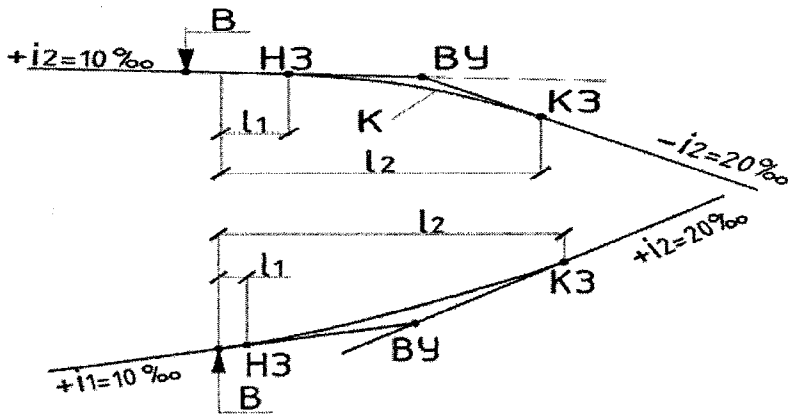


Рис. 4.12. Варианты расположения вершины вертикальной кривой до начала закругления

Если уклон i_1 по абсолютной величине больше уклона i_2 ($|i_1| - |i_2| > 0$), то вершина кривой находится *после* конца закругления.

Если уклон i_1 по абсолютной величине меньше уклона i_2 ($|i_1| - |i_2| < 0$), то вершина кривой находится *до* начала закругления.

Пикетное положение вершины вертикальной кривой определяют по формулам:

– при расположении вершины в пределах вертикальной кривой (см. рис. 4.10):

$$\text{ПК}_B = \text{НЗ} + l_1; \quad \text{ПК}_B = \text{КЗ} - l_2;$$

– при расположении вершины после конца кривой (см. рис. 4.11):

$$\text{ПК}_B = \text{НЗ} + l_1; \quad \text{ПК}_B = \text{КЗ} + l_2;$$

– при расположении вершины до начала кривой (см. рис. 4.12):

$$\text{ПК}_B = \text{НЗ} - l_1; \quad \text{ПК}_B = \text{КЗ} - l_2,$$

где l_1, l_2 – расстояние от начала, конца вертикальной кривой до вершины; определяют по формулам:

$$l_1 = |i_1| R; \quad l_2 = |i_2| R,$$

где $|i_1|, |i_2|$ – абсолютная величина уклонов касательных к началу и концу закругления в долях единицы.

Отметку вершины вертикальной кривой определяют по формуле

$$H_B = H_{\text{КЗ}} \pm \frac{l_2^2}{2R}. \quad (4.1)$$

Знак «+» принимают в формуле (4.1) для выпуклых кривых и знак «-» – для вогнутых (рис. 4.13).

Отметки промежуточных точек на вертикальной кривой вычисляют двумя способами.

Первый способ. Начало декартовых координат x располагается в вершине кривой (в точке B , рис. 4.14), ось x горизонтальна.

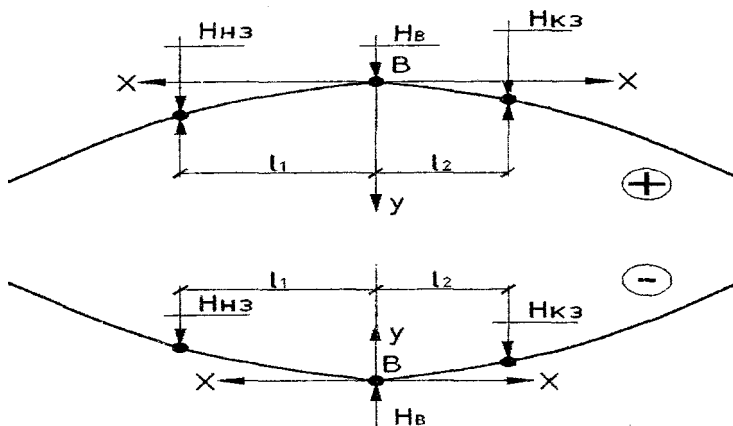


Рис. 4.13. Схема определения отметок вершины кривой

Отметки промежуточных точек (например, точки M на рис. 4.14) вычисляются по формуле

$$H_M = H_B \pm l_M^2 / (2R), \quad (4.2)$$

где l_M – расстояние от вершины вертикальной кривой до промежуточной точки, M ;

H_B – отметка точки в вершине B (вершина кривой);

R – радиус вертикальной кривой.

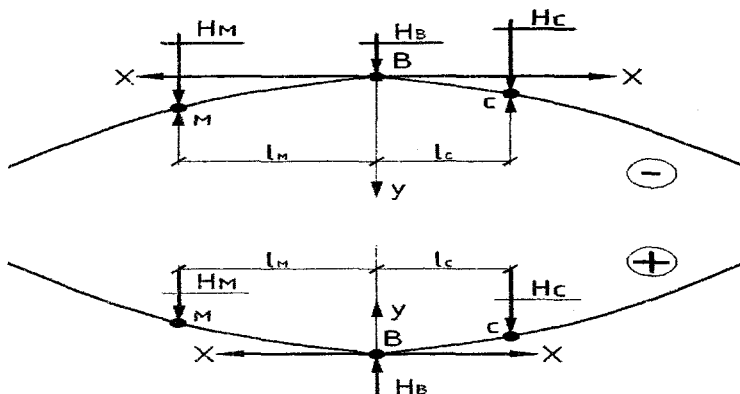


Рис. 4.14. Схема определения отметок промежуточных точек на вертикальной кривой

Знак «-» в формуле (4.2) принимают для выпуклых кривых, а знак «+» – для вогнутых.

Второй способ. Начало декартовых координат x располагается в начале или конце закругления, а ось x направляется по касательной к вертикальной кривой в точке НЗ или КЗ (рис. 4.15).

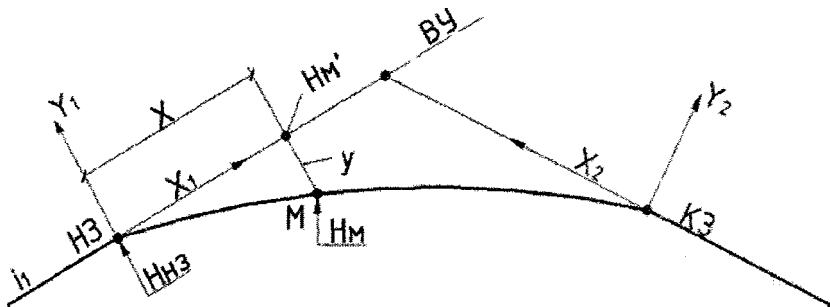


Рис. 4.15. Схема определения отметок промежуточных точек на вертикальной кривой

Отметки промежуточной точки на вертикальной кривой (например, точки M , см. рис. 4.15) вычисляется по формуле

$$H_M = H_{НЗ} + x_{i1} \pm x^2/(2R), \quad (4.3)$$

где x – расстояние от начала координат (от НЗ, см. рис. 4.15) до промежуточной точки на кривой;

i_1 – уклон касательной к вертикальной кривой в начале координат с учетом знака в направлении оси x .

В формуле (4.3) знак «-» перед последним слагаемым принимается для выпуклых кривых, а знак «+» – для вогнутых

Если полученные рабочие отметки неудачны, например, в промежуточных точках не соблюдается необходимое возвышение низа дорожной одежды над уровнем источников увлажнения или дорога на значительной протяженности проходит в мелкой выемке, изменяют положение проектной линии.

Прямые участки проектной линии и вертикальные кривые обозначают в соответствующей графе продольного профиля в соответствии с рис. 4.16 [2].

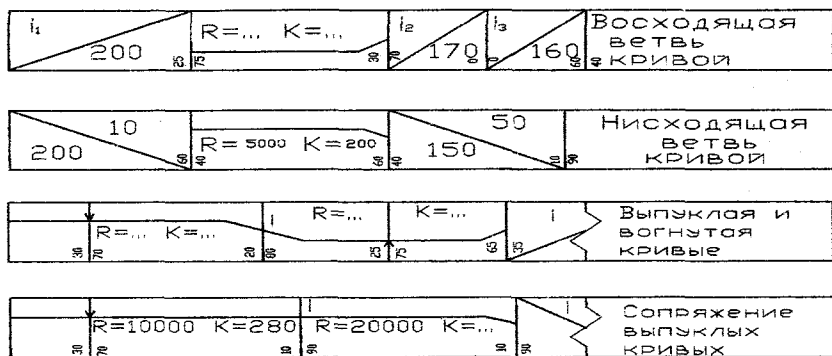


Рис. 4.16. Обозначение вертикальных кривых и прямых

При проектировании продольного профиля автомобильных дорог проектные организации используют специальные программы, позволяющие определять на ЭВМ положение проектной линии. По заданному критерию оптимальности (минимум земляных работ, наибольшая средняя скорость расчетного автомобиля и др.) определяют наилучший вариант.

В качестве исходных данных в программу вводят профиль поверхности земли и отметки строго фиксированных точек. В результате расчета на ЭВМ получают отметки проектной линии, удовлетворяющие заданным требованиям к ее элементам: радиусам вертикальных кривых, продольным уклонам и др.

Основная задача проектировщика состоит в том, чтобы наметить первоначальное очертание продольного профиля, оптимизация которого выполняется машиной по заданному критерию.

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЮВЕТОВ

Для обеспечения водоотвода на продольном профиле необходимо запроектировать кюветы. *Кюветы* – это боковые каналы, расположенные параллельно оси дороги. Они предназначены для сбора и отвода воды, стекающей с проезжей части, обочин, а также откосов земляного полотна. Кюветы устраивают в выемках, на участках низких насыпей, где высота откоса насыпи меньше глубины кювета.

Глубина кювета – расстояние от бровки обочины до дна кювета. Требуемую глубину кюветов назначают в зависимости от вида грунта, конструкции дорожной одежды и продольного уклона (рис. 5.1).

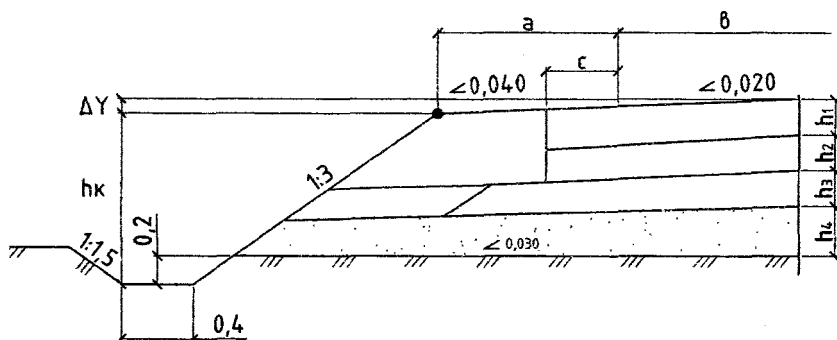


Рис. 5.1. Схема определения глубины кювета

При наличии в дорожной одежде дренирующего слоя глубина кювета должна быть такой, чтобы низ дренирующего слоя дорожной одежды был выше дна кювета на 0,2 м.

При отсутствии дренирующего слоя глубина кювета должна быть не менее 0,6 м в непывляватых песках, супесях, не менее 0,8 м – в суглинках и глинах, не менее 0,9 м – в пылеватых грунтах.

Крутизну кюветов водоотводных каналов принимают:

- в непывляватых песках и супесях – 1:1,5;
- суглинках и глинах, пылеватых грунтах – 1:2.

Продольный уклон дна кювета должен быть не менее 5 ‰, в исключительных случаях не менее 3 ‰.

Проектирование кюветов включает:

- 1) проектирование продольного профиля дна кювета;

2) назначение укрепления кюветов.

При проектировании продольного профиля дна кювета возможны два случая:

1. Уклон проектной линии на участке дороги, где необходим кювет, составляет более 5 ‰.

2. Уклон проектной линии менее 5 ‰.

В первом случае дно кювета располагают параллельно проектной линии ниже бровки обочины на глубину кювета h_k .

Проектирование кювета с уклоном более 5 ‰ на участке выемки представлено на рис. 5.2.

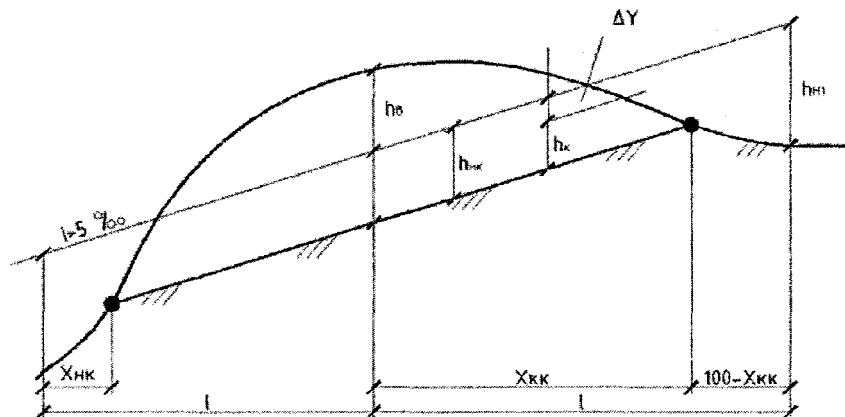


Рис. 5.2. Схема определения положения начала и конца кювета в выемке на участке с продольным уклоном больше 5 ‰

1) Определяют глубину кювета в зависимости от толщины дорожной одежды:

$$h_k = h_{д,о} + 0,2.$$

2) Определяют глубину кювета в зависимости от типа грунта.

3) В дальнейших расчетах принимают большее значение глубины кювета.

4) Вычисляют высоту насыпи, при которой начинается или заканчивается кювет:

$$h_{\text{НК}} = h_{\text{к}} + \Delta Y,$$

где $h_{\text{к}}$ – принятая глубина кювета;

ΔY – разность отметок оси дороги и бровки обочины

$$\Delta Y = i_{\text{п}}(0,5b + c) + i_{\text{о}}(a - c),$$

где $i_{\text{п}}$, $i_{\text{о}}$ – поперечные уклоны проезжей части и обочины;

b – ширина проезжей части двухполосной дороги или одного направления дороги I категории;

a , c – ширина обочины и укрепленной полосы (на дороге I-а категории вместо укрепленной полосы проектируют остановочную полосу шириной 2,5 м).

5) Определяют положение начала кювета.

Если $h_{\text{н}} > h_{\text{НК}}$, то расстояние от поперечника с рабочей отметкой $h_{\text{н}}$ до начала кювета определяют по формуле

$$X_{\text{НК}} = l \frac{h_{\text{н}} - h_{\text{НК}}}{h_{\text{н}} + h_{\text{в}}}.$$

6) Определяют положение конца кювета.

Расстояние от поперечника с рабочей отметкой $h_{\text{в}}$ до конца кювета определяют по формуле

$$X_{\text{КК}} = l \frac{h_{\text{в}} + h_{\text{НК}}}{h_{\text{в}} + h_{\text{н1}}}.$$

Для проверки правильности расчета положение конца кювета можно определить по другой формуле:

$$X_{\text{КК}} = 100 - l \frac{h_{\text{н1}} - h_{\text{НК}}}{h_{\text{н1}} + h_{\text{в}}}.$$

Проектирование кювета с уклоном более 5 % на участке низкой насыпи приведено на рис. 5.3.

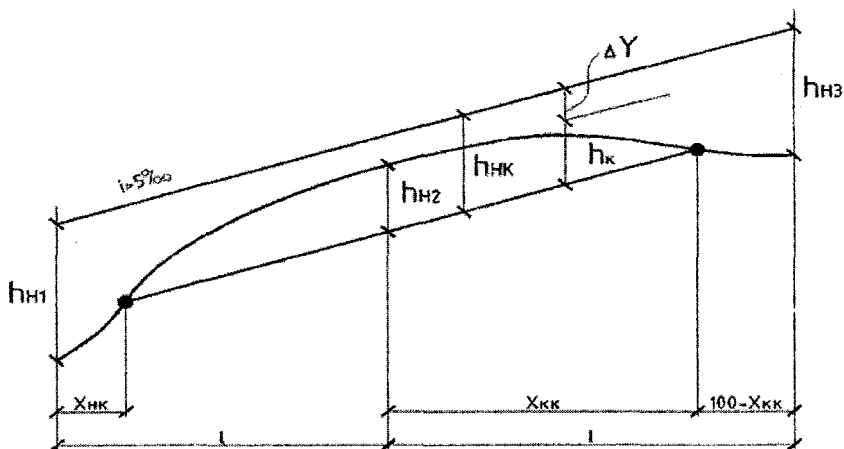


Рис. 5.3. Схема определения положения начала и конца кювета на участке низкой насыпи с продольным уклоном больше 5 ‰

Если $h_{Н2} < h_{НК}$, то начало кювета будет располагаться между поперечниками с рабочими отметками $h_{Н1}$ и $h_{Н2}$.

Расстояние от поперечника с рабочей отметкой $h_{Н1}$ до начала кювета определяют по формуле

$$X_{НК} = l \frac{h_{Н1} - h_{НК}}{h_{Н1} - h_{Н2}}$$

Расстояние от поперечника с рабочей отметкой $h_{Н2}$ до конца кювета определяют по формуле

$$X_{КК} = l \frac{h_{НК} - h_{Н2}}{h_{Н3} - h_{Н2}}$$

Для проверки правильности расчета положение конца кювета можно определить по другой формуле:

$$X_{КК} = 100 - l \frac{h_{Н3} - h_{НК}}{h_{Н3} - h_{Н2}}$$

При уклоне кювета более 5 % на продольном профиле графы 6 и 9 не заполняют, а в графах 5 и 8 указывают глубину кювета (например, $h_k = 0,8$) и расстояние до ближайшего пикета от начала и конца кювета.

Проектирование кюветов на участках с уклоном менее 5 % приведено на рис. 5.4.

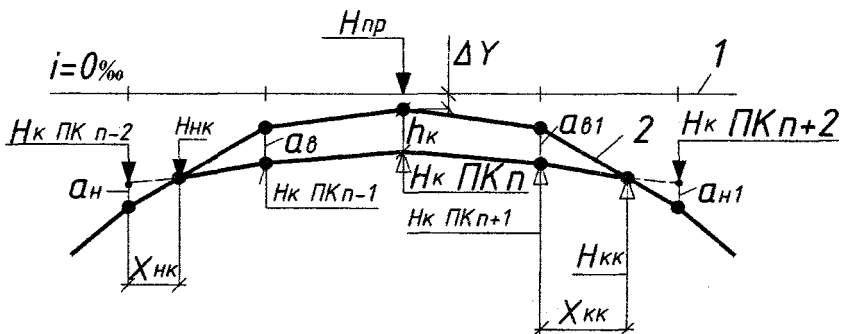


Рис. 5.4. Схема определения положения начала и конца кювета на участке с продольным уклоном менее 5 %:

1 – проектная линия; 2 – линия поверхности земли

На отдельных участках автомобильной дороги уклоны проектной линии, где необходим кювет, составляют менее 5 %. Такие участки могут быть на вертикальных кривых и на прямых.

Для обеспечения продольного отвода воды на таких участках кюветы проектируют раздельно (не параллельно проектной линии) с минимальным уклоном $i = 5 \%$ (3 % – в исключительных случаях для равнинной местности).

Если проектная линия – прямая с уклоном менее 5 %, то проектирование продольного профиля дна кюветов выполняется следующим образом:

1. Намечают точку водораздела A на середине выемки таким образом, чтобы обеспечить минимальное увеличение объема работ за счет увеличения глубины кювета.

2. Вычисляют разность отметок оси дороги и бровки земляного полотна:

$$\Delta Y = (0,5b + c)i_{\text{п}} + (a - c)i_0.$$

3. Определяют глубину кювета в зависимости от типа грунта и толщины дорожной одежды:

$$h_k = h_{до} + 0,2.$$

4. Вычисляют отметку дна кювета в точке водораздела А:

$$H_{к ПКл} = H_{пр ПКл} - h_k - \Delta Y.$$

5. От точки водораздела А в обе стороны проектируют дно кювета с уклоном 5 ‰ до выхода на поверхность земли.

6. Вычисляют отметки дна кювета с уклонами $i = 5 ‰$ в стороны от водораздельной точки до каждого пикета и выхода на поверхность земли:

$$H_{к ПКл \pm i} = H_{пр ПКл} - 0,005l.$$

7. Определяют расстояние от поверхности земли до фактического дна кювета на пикетах:

$$a_к = H_ч - H_к.$$

8. Определяют расстояние от условного дна кювета до поверхности земли:

$$a_н = H_к - H_ч.$$

9. Определяют расстояние от ближайшего пикета до начала кювета:

$$X_{нк} = l \frac{a_н}{a_н + a_в}.$$

10. Определяют отметку дна начала кювета:

$$H_{нк} = H_{к ПКл-2} + 0,005X_{нк}.$$

11. Определяют расстояние от ближайшего пикета до конца кювета $X_{кк}$:

$$X_{кк} = l \frac{a_{в1}}{a_{в1} + a_{н1}}.$$

12. Для проверки расчета положение конца кювета определяют по другой формуле:

$$X_{\text{КК}} = 100 - l \frac{a_{\text{Н1}}}{a_{\text{Н1}} + a_{\text{В1}}}$$

13. Определяют отметку дна конца кювета:

$$H_{\text{КК}} = H_{\text{К ПК}_{\text{КГ}+1}} - 0,005X_{\text{КК}}$$

14. Для проверки расчета положение отметки конца кювета определяют по формуле

$$H_{\text{КК}} = H_{\text{К ПК}_{\text{КГ}+2}} + 0,005(100 - X_{\text{КК}})$$

Проектирование кюветов на участках выпуклых кривых представлено на рис. 5.5.

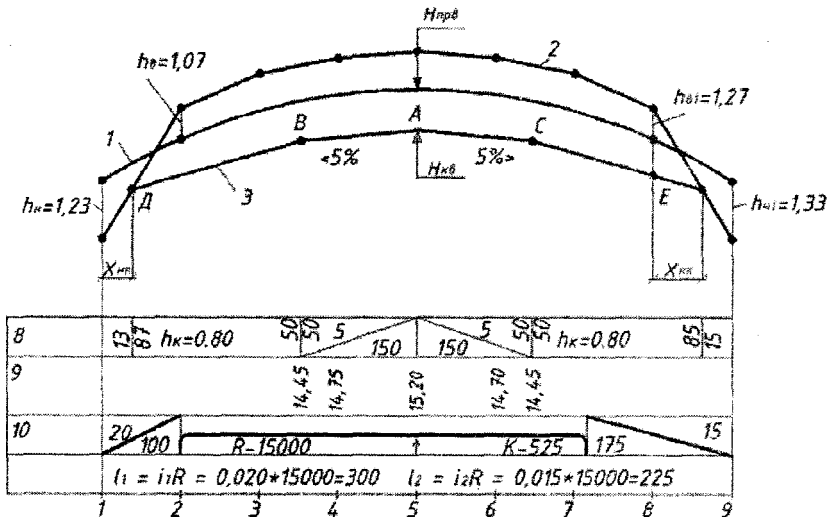


Рис. 5.5. Схема определения положения начала и конца кювета на участке выпуклой кривой:

1 – проектная линия; 2 – черный профиль; 3 – дно кювета

Проектирование продольного профиля дна кювета выпуклых кривых на участках выемки или низких насыпей выполняют следующим образом [3]:

1. Вычисляют снижение бровки обочины ΔY относительно оси дороги:

$$\Delta Y = (0,5b + c)i_{\text{п}} + (a - c)i_0.$$

2. Определяют глубину кювета в зависимости от типа грунта или толщины дорожной одежды.

3. Под вершиной выпуклой кривой намечают водораздельную точку A .

4. Вычисляют отметку дна кювета в точке водораздела A :

$$H_{\text{кв}} = H_{\text{прв}} - h_{\text{к}} - \Delta Y.$$

5. От вершины кривой проектируют кювет с уклоном дна 5 ‰ на участке AB и BC длиной l . При уклоне кювета $-5 ‰$ $l = 0,01R$.

6. Определяют отметки дна кювета на всех пикетах на участке AC и BC длиной l :

$$H_{\text{к пк}} = H_{\text{прв}} - 0,005l.$$

7. За пределами участка BC , на участках BD и CE кювет проектируют параллельно бровке земляного полотна до выхода на поверхность земли в точках D и E .

8. Определяют положение начала кювета.

Если $h_{\text{н}} > h_{\text{нк}}$, то расстояние от поперечника с рабочей отметкой $h_{\text{н}}$ до начала кювета определяют по формуле

$$X_{\text{нк}} = l \frac{h_{\text{н}} - h_{\text{нк}}}{h_{\text{н}} + h_{\text{б}}}.$$

9. Определяют положение конца кювета:

$$X_{\text{кк}} = l \frac{h_{\text{б1}} + h_{\text{нк}}}{h_{\text{б1}} + h_{\text{н1}}}.$$

10. Для проверки правильности расчета положение конца кювета определяют по формуле

$$X_{\text{кк}} = 100 - l \frac{h_{\text{н1}} - h_{\text{нк}}}{h_{\text{н1}} + h_{\text{в1}}}$$

Для предотвращения размыва дно и стенки кювета укрепляют.

Наибольший продольный уклон кюветов следует принимать в зависимости от вида грунта, типа укрепления откосов и дна с учетом допустимой по размыву скорости течения. Допускаемые скорости течения воды в зависимости от типа укрепления приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Допускаемая скорость течения воды в укрепленных руслах

Характеристика укрепления водоотводного сооружения	Скорость, м/с
Засев трав по слою растительного грунта	0,9
Щебневание (гравирование) дна	1,5
Укрепление нетканым геотекстильным полотном с семенами многолетних трав и щебневанием дна	2,0
Георешетка с заполнением ячеек щебнем	3,0
Асфальтобетон	6,0
Цементобетон	13,0

Типы укрепления водоотводных канав (кюветов, нагорных канав) в зависимости от продольных уклонов и грунтов назначаются согласно табл. 5.2.

Типы укрепления водоотводных канав (кюветов)

Типы укреплений	Продольный уклон, ‰			
	Грунты, в которых устраивается кювет			
	Песчаные	Супеси	Суглинки	Грунты пылеватые
Засев трав по слою растительного грунта	До 10	До 15	До 20	—
Щебневание (гравирование) дна	10–20	15–20	20–25	—
Укрепление нетканым геотекстильным полотном с семенами многолетних трав и щебневанием дна	20–40	20–40	25–40	5–40
Георешетка с заполнением ячеек щебнем	40–60	40–60	40–60	40–60

При невозможности обеспечения допустимых уклонов следует предусматривать устройство перепадов и быстротоков.

Перепады устраиваются на участках с затяжными продольными уклонами 50–60 ‰ и расходами воды до 2 м³/с. Высоту перепадных стенок следует принимать не более 0,5 м.

Быстротоки в зависимости от местных условий (крутизна склонов, тип грунта) применяются открытого и закрытого типов при продольных уклонах от 60 ‰ до 350 ‰.

Быстротоки открытого типа устраиваются трапецидального, прямоугольного или близкого к нему сечения. Быстротоки трапецидального сечения шириной дна 0,5 м и 1 м устраиваются из бетонных плит размером 0,5 × 0,5 м, связанных между собой в углах, укладываемых на основание из щебня (гравия). При расходе воды до 1 м³/с ширину дна быстротока принимают равной 0,5 м и при расходе воды до 2 м³/с ширину дна принимают равной 1 м. Быстротоки открытого типа из сборных железобетонных лотков коробчатого сечения с шириной дна 0,6–1 м устраиваются при расходах воды до 2 м³.

Быстротоки закрытого типа устраиваются при расходах воды до 2 м³/с на крутых склонах рельефа в легкоразмываемых и сильно-набухающих грунтах из круглых длинномерных железобетонных

труб с фланцевыми соединениями диаметром 0,6–0,8 м. Вместо железобетонных труб допускается применение полимерных (полиэтиленовых) труб соответствующего диаметра. Длина закрытого быстротока не должна превышать 30 м. При большей длине рекомендуется чередовать закрытые участки быстротока с открытыми для сбора воды с прилегающей территории.

Местоположение кювета с заданным уклоном на вертикальных кривых определяют по формуле

$$l = iR,$$

где R – радиус вертикальной кривой, м;

i – величина продольного уклона кювета, равная продольному уклону проектной линии.

Например, при радиусе вертикальной кривой $R = 10\,000$ м кювет с продольным уклоном 20 ‰ будет находиться на расстоянии 200 м от вершины кривой ($l = i R = 0,020 \cdot 10\,000 = 200$ м), включая 100 м кювета ($l = 0,01R = 100$ м) с уклоном 5 ‰.

Протяженность кювета с уклоном от 5 ‰ до 20 ‰ составит 100 м (200–100).

Конец кювета с продольным уклоном 30 ‰ будет находиться на расстоянии 300 м от вершины кривой ($l = i R = 0,030 \cdot 10\,000 = 300$ м), включая 100 м кювета с продольным уклоном от 5 ‰ до 20 ‰ и 100 м кювета с уклоном 5 ‰. Протяженность кювета с уклоном от 20 ‰ до 30 ‰ составит 100 м (300–200).

Кювет с продольным уклоном 40 ‰ будет находиться на расстоянии 400 м от вершины кривой ($l = i R = 0,040 \cdot 10\,000 = 400$ м), включая 100 м кювета с продольным уклоном от 20 ‰ до 30 ‰, 100 м кювета с продольным уклоном от 5 ‰ до 20 ‰ и 100 м кювета с уклоном 5 ‰. Протяженность кювета с уклоном от 30 ‰ до 40 ‰ составит 100 м (400–300).

Типы укрепления назначают по величине продольного уклона проектной линии и записывают в графы 3, 7 таблицы исходной информации и проектных решений продольного профиля, например «засев трав», «бетонные плиты» и т. д. Там же отмечают границы принятых типов укрепления.

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Земляным полотном называют сооружение из грунта трапецидальной формы, предназначенное для размещения элементов автомобильной дороги (дорожной одежды, дорожных знаков, ограждений).

Земляное полотно проектируют в виде *насыпей* и *выемок*.

Насыпь – это земляное сооружение, которое устраивают из природных или техногенных грунтов, в пределах которого вся поверхность земляного полотна расположена выше уровня земли.

Выемка – это земляное сооружение, выполненное путем срезки естественного грунта по заданному профилю, при этом вся поверхность земляного полотна расположена ниже поверхности земли.

Поперечный профиль – это изображение, получаемое путем сечения земляного полотна плоскостью, перпендикулярной к оси дороги.

В равнинной и пересеченной местности основными формами земляного полотна являются насыпи и выемки. Если высота откоса насыпи или выемки не превышает 12 м, то принимают типовые поперечные профили [4].

6.1. Типовые поперечные профили насыпей

Типовые поперечные профили насыпей выработаны дорожной практикой исходя из обеспечения таких требований к земляному полотну, как безопасность движения, устойчивость откосов против образования оползней и экономичность. Снегонезаносимость насыпи обеспечивается соблюдением руководящей рабочей отметки на участках 1-го типа местности.

Различают низкие и высокие насыпи.

Кюветы предусматривают в случае, когда высота откоса насыпи меньше требуемой глубины кювета h_k (рис. 6.1).

Низкие насыпи с высотой откоса до 3 м на дорогах I–II категорий и до 2 м на дорогах III–V категорий для обеспечения безопасного съезда (без опрокидывания) транспортных средств в аварийных ситуациях проектируют с пологими откосами (рис. 6.2).

Крутизну откоса характеризуют отношением высоты откоса к его горизонтальной проекции ($1:m$).

Крутизна откосов насыпей до 3 м принимается 1:4 на дорогах I-а категорий. Для автомобильных дорог I-б, I-в и II категорий крутизну

откосов насыпей высотой до 3 м назначают 1:3. На дорогах III и IV категорий крутизну откоса 1:3 назначают при высоте насыпи до 2 м.

В целях уменьшения ширины полосы отвода под автомобильную дорогу, снижения объемов земляных работ и стоимости строительства крутизна откосов насыпи высотой от 2 (3) до 6 м назначается 1:1,75 при глинистых грунтах и 1:1,5 – при песчаных грунтах (рис. 6.3).

Крутизну откосов высоких насыпей высотой от 6 до 12 м (рис. 6.4) назначают в соответствии с табл. 6.1 [1].

Таблица 6.1

Значение величины крутизны откосов

Грунты насыпи	Наибольшая крутизна откосов при высоте откоса насыпи, м		
	До 6	До 12, в том числе	
		в нижней части [от 0 до $(h - 6)$]	в верхней части [от $(h - 6)$ до h]
Крупнообломочные, пески крупные и средней крупности	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Пески мелкие и пылеватые	1:1,5	1:2	1:1,5
Глинистые грунты	1:1,75	1:2	1:1,75

При расположении насыпи на косогорном участке местности необходимо обеспечить устойчивость насыпи. Для предотвращения сдвига насыпи по основанию производится сбор и отвод поверхностной воды с верховой стороны с помощью нагорной канавы (рис. 6.5). Кроме того, снимается растительный слой с поверхности склона, производится продольная вспашка его при крутизне склона от 1:10 до 1:5 или устраивают уступы при крутизне склона от 1:5 до 1:3. Крутизна откосов насыпи на косогорах назначается в зависимости от высоты откоса по безопасности движения или по его устойчивости против образования оползня.

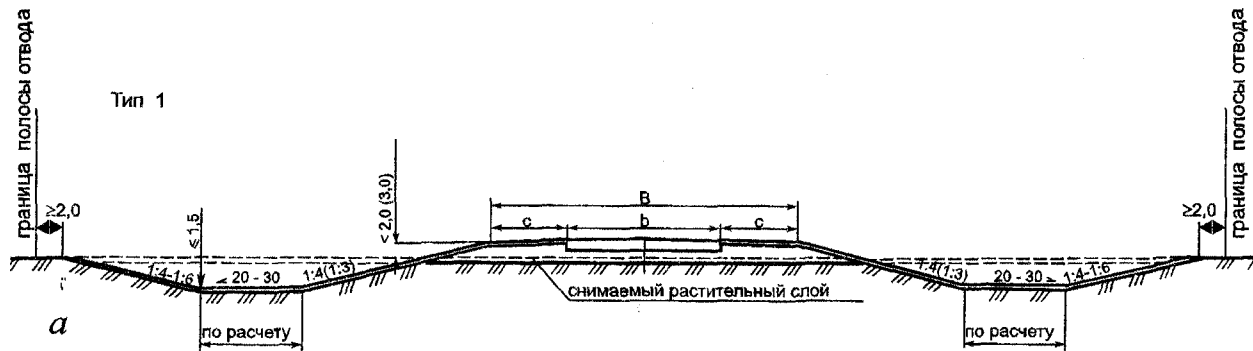


Рис. 6.1. Поперечные профили низких насыпей высотой от 0 до $h_{нк}$:
 а – с кювет-резервом на неплодородных землях; б – с кюветом по ценным угодьям

99 Тип 3

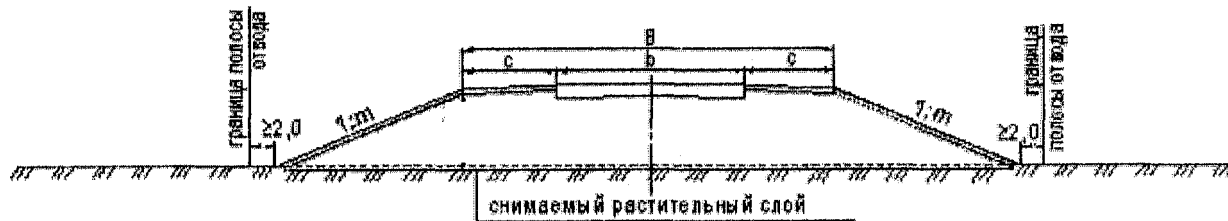


Рис. 6.2. Поперечные профили низких насыпей высотой от $h_{\text{нпк}}$ до 2 (3) м

Тип 3а

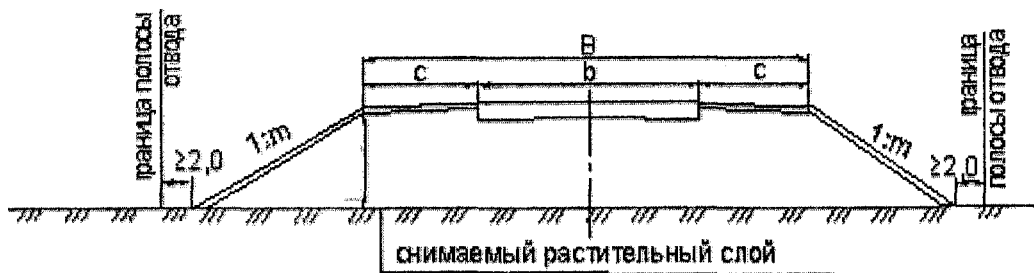


Рис. 6.3. Поперечные профили высоких насыпей высотой от 2 (3) до 6 м

Тип 4

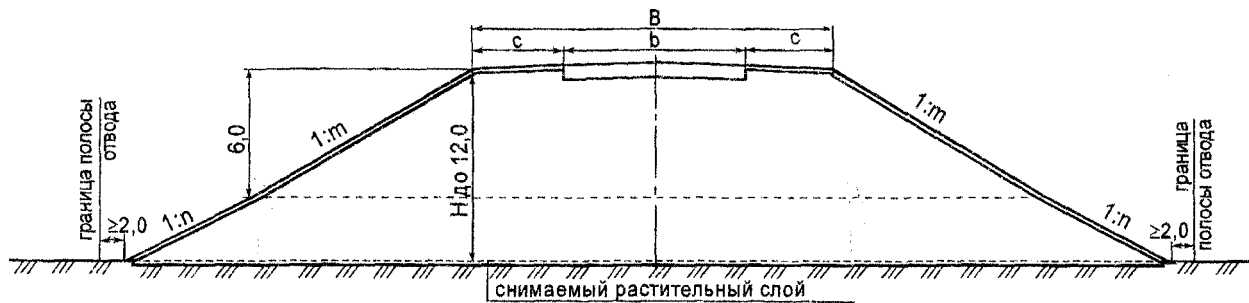


Рис. 6.4. Поперечные профили высоких насыпей высотой от 6 до 12 м

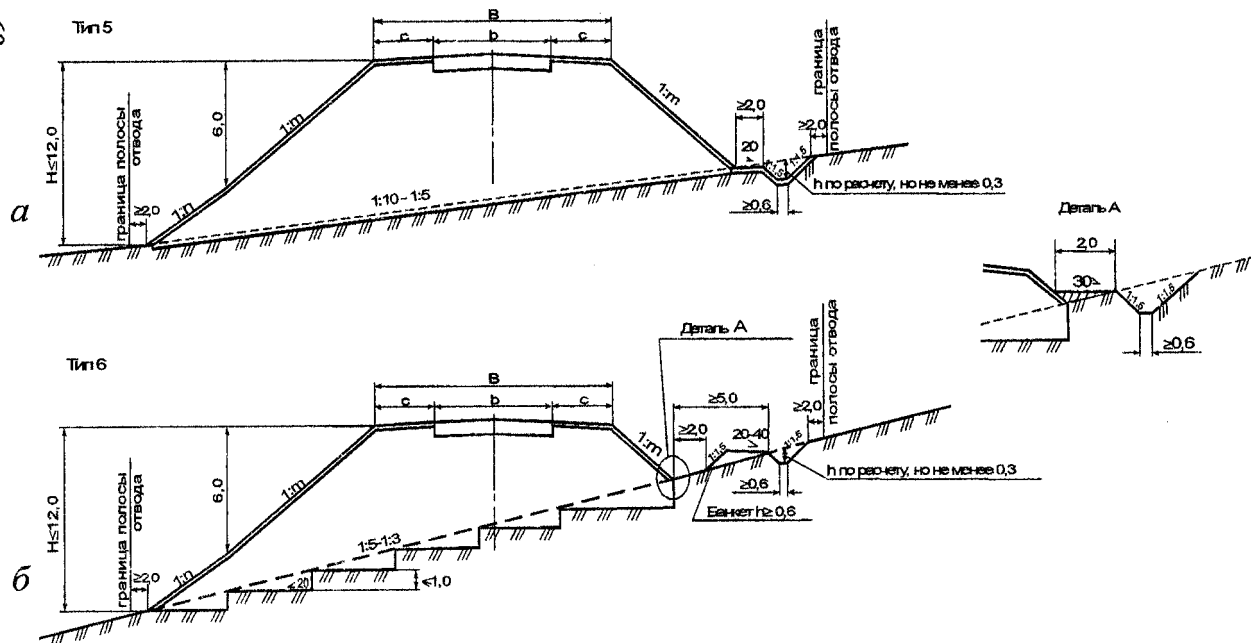


Рис. 6.5. Поперечный профиль земляного полотна в насыпи на косогорах:
 а – при крутизне склона от 1:10 до 1:5; б – при крутизне склона от 1:5 до 1:3

6.2. Типовые поперечные профили выемок

Типовые поперечные профили выемок назначают из следующих условий:

- обеспечения безопасности движения;
- обеспечения незаносимости снегом;
- обеспечения устойчивости откосов;
- минимального объема и низкой стоимости выполнения земляных работ.

Считают, что, если автомобильная дорога проходит по лесу, то в зимний период года во время метелей она не будет заноситься снегом. Если дорога проходит по открытой местности, то на этих участках она сильно заносится снегом, особенно во время метелей.

На открытых снегозаносимых участках местности при проложении трассы автомобильной дороги в нестесненных условиях и на малоценных угодьях выемки глубиной до 1 м следует проектировать раскрытыми (рис. 6.6, *а*) с крутизной откосов от 1:5 до 1:10 или разделанными под насыпь (рис. 6.6, *б*).

Заложение откоса со стороны обочины принимается 1:4 на дорогах I-а категории и 1:3 – на дорогах I-а, I-б, II–IV категорий.

Такой поперечный профиль выемки глубиной до 1 м обеспечивает перенос снега через дорогу в метель (рис. 6.7). Для уменьшения ширины полосы отвода под автомобильную дорогу границу постоянной полосы отвода назначают на расстоянии 2 м от подошвы откоса со стороны обочины. Откосы выемки за пределами границы этой полосы рекультивируют под заданный вид угодий.

При глубине выемки от 1 до 5 м на снегозаносимых участках местности с целью уменьшения объемов земляных работ и ширины полосы постоянного отвода крутизну откоса выемки со стороны поля назначают по условиям устойчивости откоса равной 1:1,5 при песчаных и глинистых грунтах. На таких откосах в метель образуются сугробы снега. С целью недопущения образования снежного сугроба на дорожном полотне откос выемки со стороны поля отодвигают от бровки обочины с помощью закуветной полки шириной не менее 4,0 м (рис. 6.8).

Поперечный профиль выемки глубиной до 12 м представлен на рис. 6.9.

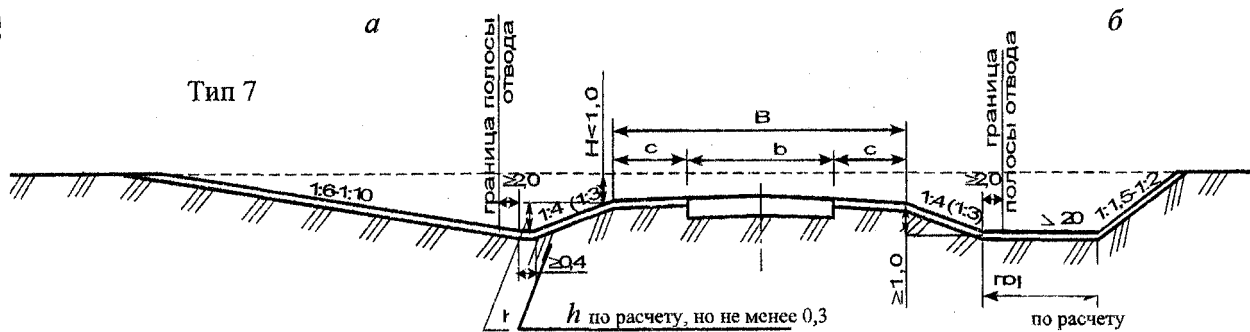


Рис. 6.6. Поперечные профили выемки глубиной до 1 м на снегозаносимых участках местности:
а – раскрытая; б – разделанная под насыпь

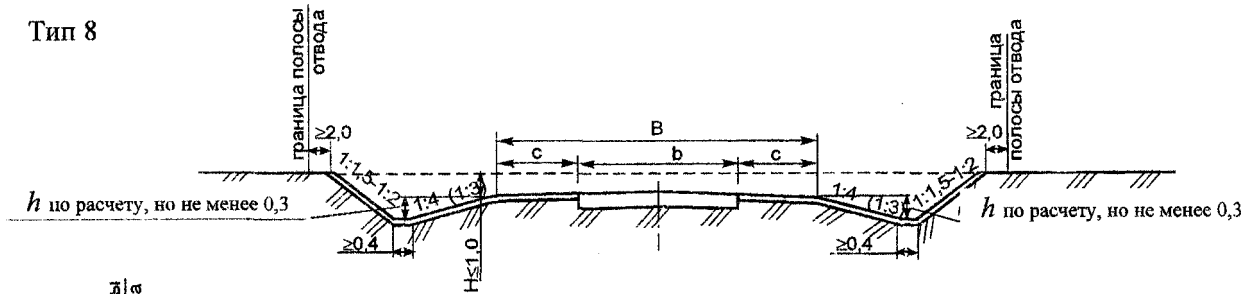


Рис. 6.7. Поперечные профили выемки глубиной до 1 м на не заносимых снегом участках местности

Тип 9

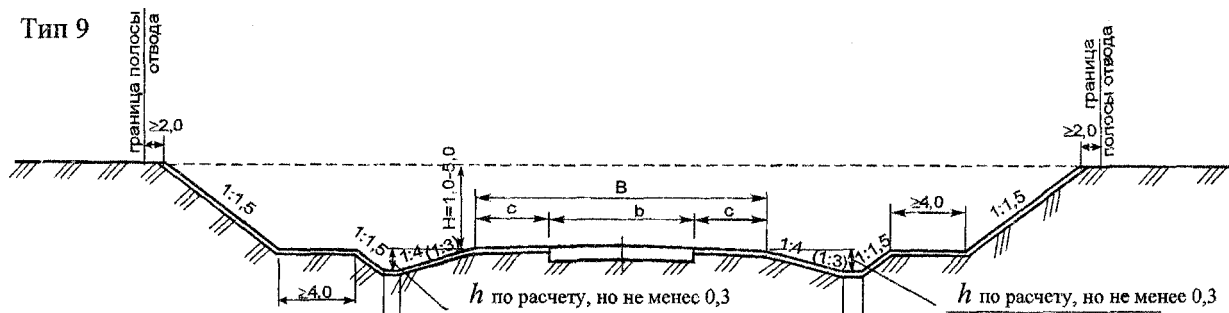


Рис. 6.8. Поперечный профиль выемки глубиной 1–5 м на снегозаносимых участках местности с заковетной полкой

Тип 10

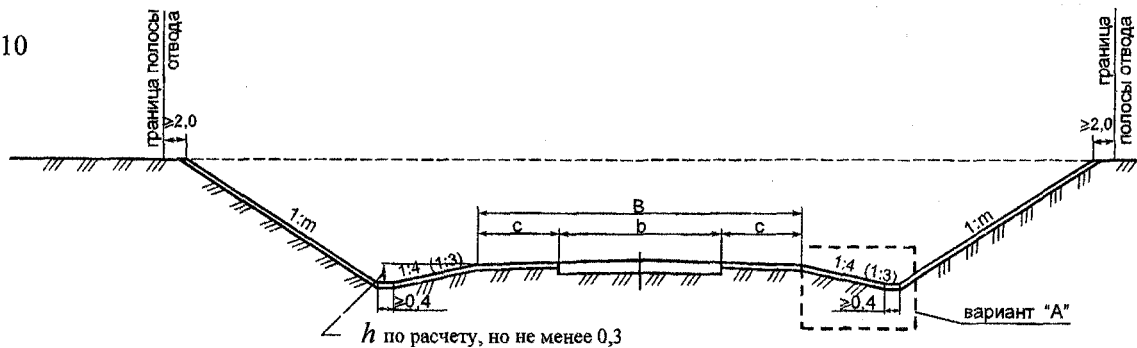


Рис. 6.9. Поперечный профиль выемки глубиной от 5 до 12 м на снегозаносимых участках местности и глубиной от 0 до 12 м на не заносимых снегом участках

7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Дорожная одежда состоит из следующих слоев (рис. 7.1):

- покрытие;
- основание;
- дополнительный слой основания.

Если грунты земляного полотна пылеватые, то дополнительный слой основания является дренажирующим и устраивается на всю ширину земляного полотна. Если земляное полотно возведено из песчаных грунтов, супесей дополнительный слой основания является подстилающим.

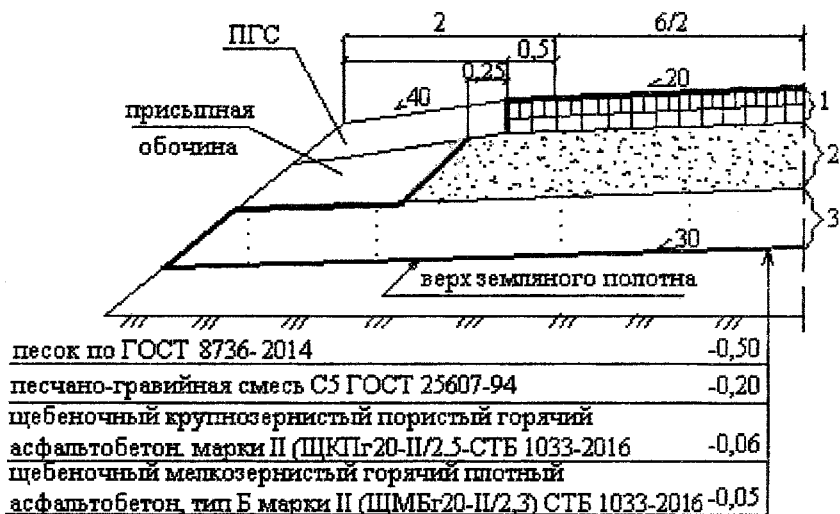


Рис. 7.1. Примеры конструкции дорожной одежды с дренажирующим слоем:
1 – покрытие; 2 – основание; 3 – дренажирующий слой

7.1. Выбор типа дорожной одежды и расчетной нагрузки

Тип дорожной одежды выбирают в зависимости от технической категории автомобильной дороги по табл. 7.1 (ТКП 45-3.03-19-2006).

Таблица 7.1

Типы дорожных одежд

Типы дорожной одежды	Виды покрытий, материалы и способы их укладки	Категория дороги
Капитальный	Монолитный цементобетон	I-a I-б I-в, II-V
	Сборный железобетон	IV, V
	Асфальтобетон щебеночно-мастичный; асфальтобетон из плотных смесей марки I, укладываемых в горячем и теплом состоянии	I-a I-б I-в, II
	Асфальтобетонные из плотных смесей марки II, укладываемых в горячем и теплом состояниях	III, IV
Облегченный	Асфальтобетон из плотных смесей марки I, укладываемых в холодном состоянии	III, IV
	Асфальтобетон из плотных смесей: марки III, укладываемых в горячем и теплом состоянии; марки II, укладываемых в холодном состоянии; асфальтобетон из плотных смесей марки III, укладываемых в горячем состоянии с использованием в смеси до 20 % асфальтогранулята по СТБ 1705; каменные материалы, обработанные органическими вяжущими методами смешения в установке, на дороге, пропитки (полупропитки); органоминеральные смеси; гравийно-эмульсионные смеси	IV, V
Переходный	Щебеночное покрытие из щебня прочных пород, устроенные по способу заклинки без применения вяжущих; грунты и малопрочные каменные материалы, укрепленные вяжущими; мостовые; щебеночно(гравийно)-песчаные смеси	IV, V
Низший	Грунты укрепленные или улучшенные различными местными материалами	V

Примечание: на дорогах IV категории, относящихся к республиканским, следует предусматривать дорожную одежду капитального типа. Дорожную одежду облегченного типа следует предусматривать на республиканских дорогах при расчетной интенсивности движения менее 1000 авт./сут. и местных дорогах; дорожную одежду переходного типа допускается устраивать при расчетной интенсивности движения менее 500 авт./сут.

Нагрузку на ось расчетного автомобиля принимают по табл. 7.2.

Таблица 7.2

Предельные нагрузки на ось расчетного двухосного автомобиля

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка на поверхность покрытия от колеса (на ось) расчетного автомобиля, $Q_{расч}$, кН	Расчетные параметры нагрузки	
		P , МПа	D , см
A_1	50,0 (100)	0,60	$\frac{37}{33}$
A_2	57,5 (115)	0,60	$\frac{39}{37}$
A_3	65,0 (130)	0,60	$\frac{41}{39}$

Примечание. В числителе – для движущегося колеса, в знаменателе – для неподвижного колеса

Если количество автомобилей с нагрузкой на одиночную ось более 10 тонн составляет более 10 %, то в качестве расчетной принимаем нагрузку класса A_2 .

7.2. Расчет дорожной одежды по критерию упругого прогиба

Конструкция дорожной одежды удовлетворяет требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба при условии

$$E_{общ} > E_{тр} K_{пр}^{тр},$$

где $E_{общ}$ – общий расчетный модуль упругости конструкции, МПа;

$E_{тр}$ – требуемый модуль упругости конструкции с учетом категории дороги, типа дорожной одежды и интенсивности воздействия группы нагрузок, МПа;

$K_{пр}^{тр}$ – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого коэффициента надежности по табл. 6.1–6.3 ТКП 45-3.03-112–2008 или по табл. 7.3–7.5 данного учебно-методического пособия.

Таблица 7.3

Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд капитально типа, предназначенных для движения групп нагрузок A_1 и A_2

Дорожная одежда капитального типа		Значения коэффициентов для категории автомобильных дорог, предназначенных для движения групп нагрузок A_1 и A_2									
		I		II		III			IV		
Заданный коэффициент надежности K_d		0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,95	0,90	0,95	0,90	0,85
Требуемый коэффициент прочности $K_{пр}^{тр}$ по критерию	упругого прогиба	1,25	1,15	1,20	1,10	1,20	1,10	1,00	1,05	0,95	0,85
	сдвигустойчивости неукрепленных слоев	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	0,94	1,00	0,94	0,90
	усталостного разрушения монолитных слоев при растяжении при изгибе	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	0,94	1,00	0,94	0,90

Таблица 7.4

Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд облегченного типа, предназначенных для движения групп нагрузок A_1

Дорожная одежда облегченного типа		Значения коэффициентов для категории автомобильных дорог, предназначенных для движения групп нагрузок A_1								
		III		IV			V			
Заданный коэффициент надежности K_d		0,95	0,90	0,90	0,85	0,80	0,80	0,75	0,70	
Требуемый коэффициент прочности $K_{пр}^{тр}$ по критерию	упругого прогиба	1,17	1,10	1,06	1,02	1,00	0,98	0,94	0,90	
	сдвигустойчивости неукрепленных слоев	1,00	0,94	0,90	0,87	0,94	0,87	0,84	0,80	
	усталостного разрушения монолитных слоев при растяжении при изгибе	0,98	0,93	0,85	0,80	0,78	0,77	0,76	0,75	

Таблица 7.5

Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд переходного и низшего типов, предназначенных для движения групп нагрузок A_1

Дорожная одежда переходного и низшего типов		Значения коэффициентов для категории автомобильных дорог, предназначенных для движения групп нагрузок A_1					
Категория дороги		IV			V, VI		
Заданный коэффициент надежности K_n		0,85	0,80	0,75	0,80	0,75	0,70
Требуемый коэффициент прочности $K_{пр}^{тр}$ по критерию	упругого прогиба	1,06	1,02	1,00	1,06	0,98	0,90
	сдвигоустойчивости неукрепленных слоев	0,90	0,87	0,85	0,94	0,87	0,80

Величину требуемого модуля упругости конструкции дорожной одежды при $\Sigma N_p > 4 \cdot 10^4$ (авт) $E_{тр}$ (МПа) вычисляют по формуле

$$E_{тр} = 98,65 [\lg(\Sigma N_p) - c], \quad (7.1)$$

где ΣN_p – число накопленных осей за расчетный срок службы дорожной одежды;

c – коэффициент, равный:

– для группы нагрузки A_1 – 3,55;

– для группы нагрузки A_2 – 3,23;

– для группы нагрузки A_3 – 3,05.

$$\Sigma N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{сл}-1)}} T_{рдг} k_n,$$

где N_p – приведенная интенсивность движения на последний год срока службы, авт./сут;

K_c – коэффициент суммирования;

q – показатель изменения интенсивности движения данного типа транспортных средств по годам;

$T_{\text{сл}}$ – расчетный срок службы дорожной одежды; принимают по табл. 7.6 или по ТКП 45-3.03-112–2008 табл. 6.5;

$T_{\text{рдг}}$ – расчетное число дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости дорожной конструкции; определяют по табл. 7.7 или по ТКП 45-3.03-112–2008 табл. Г1;

k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого; принимают по табл. 7.8 или по ТКП 45-3.03-112–2008 табл. 6.8.

$$N_p = f_{\text{пол}} N_T S_{\text{T.сум}}, \quad (7.2)$$

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним; определяют по табл. 7.9 или по ТКП 45-3.03-112–2008 табл. 6.7; для автомобильных дорог с двумя полосами движения $f_{\text{пол}}$ принимают равным 0,55;

N_m – интенсивность движения транспортных средств в физических единицах на конец срока службы дорожной одежды, авт./сут:

$$N_T = N_0(1 + 0,01p)^{T_{\text{сл}}-1} = N_0q^{T_{\text{сл}}-1};$$

N_0 – начальная интенсивность движения, авт./сут;

p – ежегодный прирост интенсивности движения, %;

$S_{\text{сум}}$ – суммарный коэффициент приведения к расчетной нагрузке воздействия транспортных средств на дорожную одежду.

$$S_{\text{сум}} = \sum_1^n S_n P_n,$$

где n – число различных видов транспортных средств в составе транспортного потока, шт.;

S_n – коэффициент приведения к расчетной нагрузке воздействия различных видов транспортных средств на дорожную одежду; принимают по табл. 7.10 или по ТКП 45-3.03-112–2008 (табл. Б3) в зависимости от вида расчетной нагрузки и вида транспортных средств;

P_n – удельное количество транспортных средств данного вида в составе транспортного потока, в долях единицы;

K_c – коэффициент суммирования

$$K_c = \frac{q^{T_{\text{сл}}} - 1}{q - 1},$$

где q – показатель изменения интенсивности движения данного типа транспортных средств по годам

$$q = 1 + 0,01p.$$

Рекомендуемые расчетные сроки службы дорожной одежды до капитального ремонта представлены в табл. 7.6.

Таблица 7.6

Рекомендуемый расчетный срок службы дорожной одежды

Категория дороги	Тип дорожной одежды	Коэффициент надежности K_c						
		0,98	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
		Срок службы $T_{\text{сл}}$, лет						
I	Капитальный	19	14					
II	Капитальный	17	13					
III	Капитальный	15	12	11				
	Облегченный	–	11	10				
IV	Капитальный	12	10	9	8			
	Облегченный			8	7	6		
	Переходный				6	5	4	
V	Облегченный					6	5	4
	Переходный					5	4	3
	Низший						4	3
VI	Переходный					5	4	3
	Низший						3	2

Таблица 7.7

Значения $T_{\text{раг}}$ в зависимости от района расположения дороги

Дорожно-климатический район	$T_{\text{раг}}$ при расчете на прочность дорожной одежды
1. Северный, влажный	125
2. Центральный	130
3. Южный, неустойчиво-влажный	135

Таблица 7.8

Значения коэффициента, учитывающего вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого

Тип дорожной одежды	Значение коэффициента k_n при различных категориях дорог				
	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	1,04

Таблица 7.9

Значения коэффициента, учитывающего число полос движения

Число полос движения	Значение коэффициента $f_{пол}$ для полосы		
	1	2	3
1	1,00	–	–
2	0,55	–	–
3	0,50	0,30	–
4	0,35	0,20	–
6	0,30	0,20	0,05

Примечания.

1. Порядковый номер полосы считается справа по ходу движения в одном направлении.

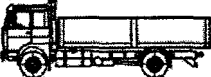



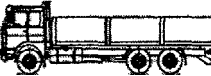



2. Для расчета обочин принимаются $f_{пол} = 0,01$.

3. На многополосных дорогах допускается проектировать одежду переменной толщины по ширине проезжей части, рассчитав дорожную одежду в пределах различных полос в соответствии со значениями N_p , найденными по формуле (7.2).


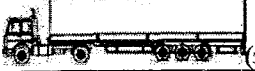


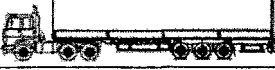






4. На перекрестках и подходах к ним (в местах перестройки потока автомобилей для выполнения левых поворотов и др.) при расчете одежды в пределах всех полос движения следует принимать $f_{пол} = 0,5$, если общее число полос проезжей части проектируемой дороги более трех.

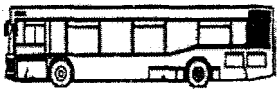
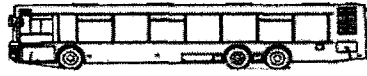

Таблица 7.10

Значения коэффициентов приведения S_n
для различных транспортных средств

Вид транспортного средства	Коэффициенты приведения к расчетной нагрузке S_n		
	$K_{пр}(A_1)$	$K_{пр}(A)$	$K_{пр}(A_2)$
<i>1</i>	2	3	4
1. Легковой автомобиль	0,002	0,0015	0,0012
2. Микроавтобус	0,0037	0,0027	0,002
3. Грузовые автомобили:			
3.1. Легкие (грузоподъемность 2–5 т)	0,20	0,10	0,05
3.2. Средние (грузоподъемность 5–8 т)	0,60	0,30	0,27
3.3. Тяжелые грузовые автомобили:			
3.3.1.  (задняя ось 10 т)	1,00	0,87	0,65
3.3.2.  (задняя ось 11,5 т)	1,35	1,00	0,87
3.3.3.  (задняя ось 13 т)	2,90	1,50	1,00
3.3.4.  (тележка 20 т)	3,60	1,60	1,10
3.3.5.  (тележка 26 т)	4,80	3,50	2,00
4. Автопоезда с полуприцепом:			
4.1.  (задняя ось тягача 11,5 т)	2,50	1,50	0,90
4.2.  (задняя ось тягача 13 т)	4,20	2,50	1,70
4.3.  (задняя ось тягача 11,5 т)	3,00	1,90	1,10

Продолжение табл. 7.10

1	2	3	4
4.4.  (задняя ось тягача 13 т)	6,20	3,50	2,20
4.5.  (задняя ось тягача 11,5 т)	7,00	4,10	2,50
4.6.  (тележка тягача 18 т)	3,00	1,90	1,10
4.7.  (тележка тягача 20 т)	5,50	3,50	2,20
4.8.  (тележка тягача 20 т)	7,00	4,00	2,80
5. Автопоезда с прицепом:			
5.1.  (задняя ось автомобиля 11,5 т)	2,50	1,20	0,95
5.2.  (задняя ось автомобиля 13 т)	4,00	2,20	1,30
5.3.  (задняя ось автомобиля 11,5 т)	3,50	2,00	1,20
5.4.  (задняя ось автомобиля 13 т)	6,40	4,00	2,80
5.5.  (тележка автомобиля 20 т)	4,00	2,50	1,70
5.6.  (тележка автомобиля 26 т)	8,10	5,00	3,50

	1	2	3	4
6. Автобусы:				
6.1.	 (задняя ось 11,5 т)	1,50	1,00	0,60
6.2.	 (средняя ось 11,5 т)	3,76	1,90	1,20
6.3.	 (средняя ось 11,5 т)	2,00	1,20	0,80

Независимо от результата расчета по формуле (7.1) требуемый модуль упругости дорожной одежды должен быть не менее указанного в табл. 7.11 или по ТКП 45-3.03-112-2008 табл. 6.10.

Величину минимального требуемого общего модуля упругости конструкции дорожной одежды при $\Sigma N_p < 4 \cdot 10^4$ (авт) E_{\min} (МПа) определяют по табл. 7.11.

Таблица 7.11

Требуемый модуль упругости дорожной одежды

Категория дороги	Требуемый модуль упругости $E_{тр}$, МПа, дорожной одежды				
	капитального типа при нагрузке группы			облегченного типа	переходного и низшего типа
	A_1	A_2	A_3		
I	230	270	310	—	—
II	220	250	280	—	—
III	200	230	260	180	—
IV	180	200	220	150	100
V	—	—	—	110	80
VI	—	—	—	—	70

Расчет по допустимому упругому прогибу (по требуемому модулю упругости) ведут в следующей последовательности:

1) определяют минимальное значение коэффициента прочности $K_{\text{пр}}$ по табл. 7.3–7.5;

2) по расчетной приведенной накопленной интенсивности воздействия нагрузки на одну полосу с учетом капитальности одежды, вычисленной по формуле (7.1), назначают требуемый модуль упругости $E_{\text{тр}}$ конструкции и сравнивают с минимально допустимым по табл. 7.11. Из двух значений в дальнейших расчетах принимают большее значение требуемого модуля упругости;

3) вычисляют общий модуль упругости $E_{\text{общ}} = K_{\text{пр}}^{\text{ТР}} E_{\text{тр}}$;

4) предварительно назначают толщину верхних слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее; значения расчетных модулей упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, принимают при температуре $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$;

5) модуль упругости грунта активной зоны земляного полотна и материалов слоев назначают по табл. Б1.

6) по номограмме (рис. А1), выполняя расчет снизу вверх, находят общий модуль упругости на поверхности покрытия.

Вид вяжущего для приготовления асфальтобетонных смесей принимают в зависимости от группы нагрузок и коэффициента надежности дорожной одежды по табл. 7.12.

Расчетные значения модуля упругости (E) песков принимают по табл. Б1. Модуль упругости пылевато-глинистых грунтов и пылеватых песков принимают по табл. Б1 в зависимости от относительной нормативной влажности грунта, приведенной в табл. Б2.

Относительную нормативную влажность грунта находят в зависимости от климатического района, назначаемого по карте изолиний (рис. 7.2) и условий увлажнения.

Рекомендуемые марки органического вяжущего

Категория автомобильной дороги	Коэффициент надежности дорожной одежды K_H	Группа нагрузок	Рекомендуемая марка вяжущего	
			Асфальтобетон верхнего слоя покрытия	Асфальтобетон несущего слоя покрытия
I	0,95–0,98	A ₁	БНД 90/130	БНД 90/130
		A ₂	БНД 90/130 БНД 60/90 БМА 100/130	БНД 90/130 БНД 60/90
		A ₃	БМА 70/100	БМА 100/130
II	0,95–0,98	A ₁	БНД 90/130	БНД 90/130
		A ₂	БНД 90/130 БНД 60/90 БМА 100/130	БНД 90/130 БНД 60/90
		A ₃	БМА 70/100	БНД 60/90
III	0,90–0,98	A ₁	БНД 90/130	БНД 90/130
		A ₂	БНД 90/130 БНД 60/90	БНД 90/130
		A ₃	БМА 100/130	БНД 60/90
IV	0,75–0,85	A ₁	БНД 90/130	БНД 90/130
		A ₂	БНД 90/130	БНД 90/130
		A ₃	БНД 60/90	БНД 90/130
V	0,70–0,80	A ₁	БНД 90/130	БНД 90/130

Расчетную влажность грунта W_p определяют по формуле

$$W_p = W_{\text{таб}}(1 + 0,1f),$$

где $W_{\text{таб}}$ – среднее многолетнее значение относительной (доли от границы текучести) влажности грунта в наиболее неблагоприятный (весенний) период года в рабочем слое земляного полотна в зависимости от дорожно-климатического района, схемы увлажнения земляного полотна и типа грунта;

t – коэффициент нормированного отклонения, принимаемый по табл. 7.13 в зависимости от требуемого уровня надежности.

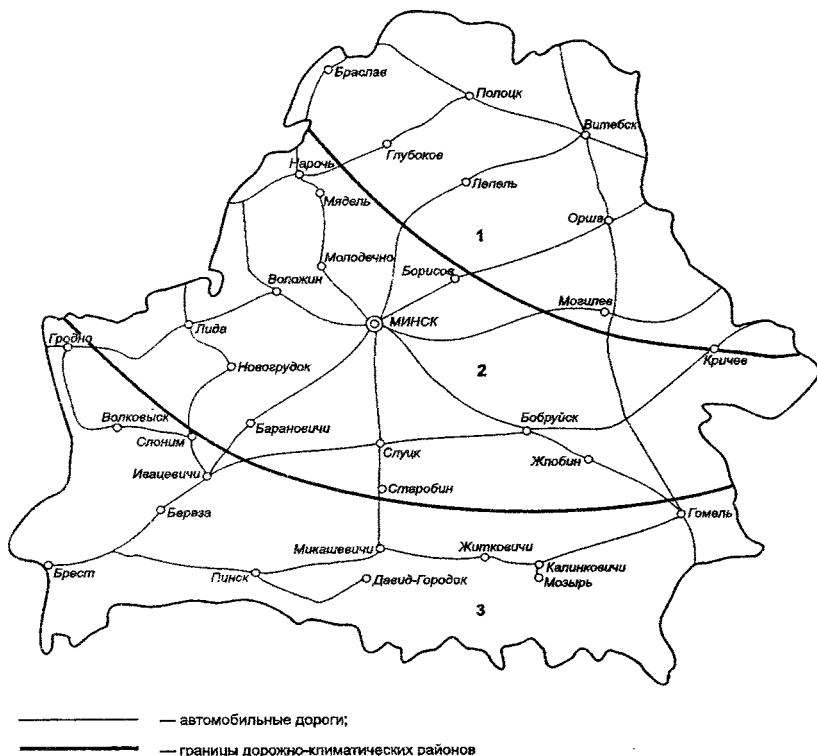


Рис. 7.2. Расположение дорожно-климатических районов:
 1 – северный, влажный; 2 – центральный, умеренно влажный;
 3 – южный, неустойчиво-влажный

Таблица 7.13

Коэффициент нормированного отклонения

K_n	0,85	0,90	0,95	0,98
t	1,06	1,32	1,71	2,19

Используя номограмму (рис. 7.3) для определения общего модуля упругости двухслойной системы, выполняя расчет снизу вверх, находим эквивалентный модуль упругости на поверхностях слоев [6].

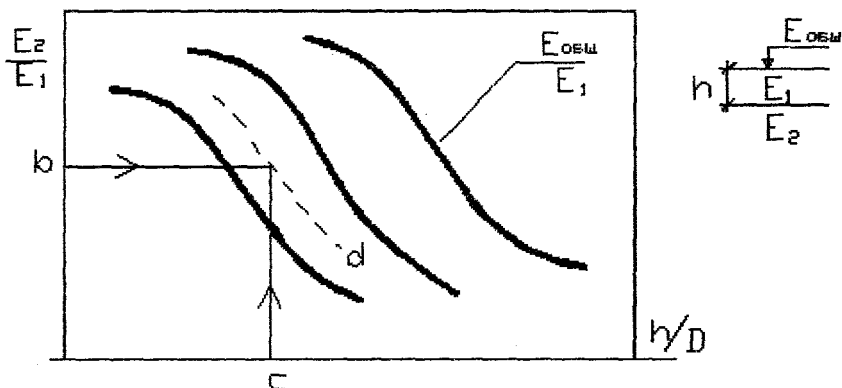


Рис. 7.3. Схема пользования номограммой для определения общего модуля упругости двухслойной системы

Зная толщину слоя дорожной одежды и диаметр круга равновеликого отпечатку колеса, находят отношение h/D и обозначают буквой c .

Определяют отношение модуля упругости нижнего слоя (E_2) к верхнему слою — (E_1) (E_2/E_1) и обозначают буквой b .

По оси X номограммы для определения общего модуля упругости двухслойной системы откладывают значение отношения (h/D), обозначенное буквой c и проводят линию параллельную оси Y . По оси Y откладывают значение отношения (E_2/E_1), обозначенное буквой b и проводят линию параллельную оси X .

В точке пересечения этих прямых, используя номограмму (см. рис. 7.3), находят кривую, обозначающую отношение эквивалентного модуля упругости на поверхностях двух слоев дорожной одежды к модулю упругости верхнего слоя (E_2/E_1), и обозначают буквой d .

Зная величину отношения (E_2/E_1) и модуль упругости верхнего слоя E_1 , определяют эквивалентный модуль упругости на поверхности двух слоев:

$$E_3 = E_1 d, \text{ Мпа.}$$

Далее рассматривают систему, состоящую из двух слоев дорожной одежды. В качестве нижнего слоя принимают найденное значение эквивалентного модуля упругости, в качестве верхнего слоя системы — последующий слой дорожной одежды.

Расчет величины эквивалентного модуля упругости на поверхностях остальных слоев дорожной одежды ведут в последовательности, изложенной выше.

Последовательно, начиная с нижнего слоя, определяют эквивалентный модуль упругости на поверхности дорожной одежды, состоящей из нескольких слоев.

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

8.1. Определение характеристик малого водотока

При проектировании трассы автомобильной дороги возникает необходимость пересечения различных водотоков (ручьев, рек).

Водотоки бывают периодического действия: весной во время таяния снега, летом во время ливня и осенью в период затяжных дождей (сухой лог) – и постоянного действия (ручей, река).

Водотоки делятся на малые (суходолы, ручьи) и большие (реки). На малых водотоках расчетный расход определяют по эмпирическим формулам.

В равнинной местности воду, протекающую по водотоку, пропускают под автомобильной дорогой с помощью водопропускных сооружений.

В качестве водопропускных сооружений на автомобильных дорогах, пересекающих малые водотоки, применяют круглые и прямоугольные трубы и малые мосты (длиной до 25 м).

Основной характеристикой водотока является площадь водосбора, определяемая в квадратных километрах. Площадь водосбора ограничивается линией водораздела с одной стороны и автомобильной дорогой с другой.

Площадь водосбора определяют по карте в горизонталях по линии водораздела.

Характеристиками водотока являются:

- площадь водосбора и составляющие ее площади леса, озера, болота F , км²;
- длина лога L , км;
- средний уклон лога i_c , ‰ ;
- уклон лога у сооружения – i_c , ‰.

Длину лога устанавливают по плану водосбора.
Средний уклон лога определяют по формуле

$$i_0 = \frac{H_1 - H_2}{L},$$

где H_1 – отметка начало водосборного бассейна, м;

H_2 – отметка у водопропускной трубы, м;

L – длина лога, м.

Уклон лога у сооружения определяют по формуле

$$i_c = \frac{H_{200} - H_{100}}{300},$$

где H_{200} – отметка на расстоянии 200 м вверх по логу от сооружения, м;

H_{100} – отметка на расстоянии 100 м вниз от сооружения, м;

300 – расстояние между отметками, м.

8.2. Определение расчетного расхода ливневых вод

Размеры поперечных сечений водоотводных сооружений определяют исходя из расчетного расхода воды. *Расчетный расход* – это объем воды в м³, протекающий через поперечное сечение водотока в секунду при ливнях или весенних паводках, заданной вероятности превышения (1–3 %).

Максимальный приток ливневых вод расчетной вероятности превышения (ВП) рекомендуется определять по методике Союздорпроекта [7]. Расчетную вероятность превышения интенсивности осадков принимают по табл. 8.1. Для автомобильных дорог III и IV технических категорий ВП принимают равной 2 %, а для автомобильных дорог V технической категории – 3 %.

Таблица 8.1

Расчетная вероятность превышения интенсивности осадков

Тип сооружения	Категория дороги	Вероятность превышения ВП %
Водоотводные сооружения с поверхности мостовых сооружений и дорожного полотна	I-а, I-б, I-в, II	1
	III и IV	2
	V	3

Тип сооружения	Категория дороги	Вероятность превышения ВП %
Водоотводные каналы, обеспечивающие отвод воды от земляного полотна (кюветы, нагорные каналы, водосбросы из кюветов)	I-а, I-б, I-в, II	2
	III и IV	3
	V и VI	4

Расчетный расход от ливневых вод по методике Союздорпроекта определяют по формуле

$$Q_p = 16,7 \alpha_p d_p F \varphi K_y K_\phi \delta_\sigma, \text{ м}^3/\text{с},$$

$$\alpha_p = \alpha_{\text{час}} K_t,$$

$$d_p = d_0 \delta_e,$$

$$\delta_e = 1 - \gamma \text{ВП},$$

где α_p – расчетная интенсивность осадков, соответствующая заданной ВП для максимального расхода воды, мм/мин;

$\alpha_{\text{час}}$ – максимальная часовая интенсивность дождя расчетной вероятности превышения мм/мин; принимают по табл. 8.2 [8] или определяют по формуле

$$\alpha_{\text{час}} = 0,9324 \text{ВП}^{-0,2211},$$

где K_t – коэффициент редукции часовой интенсивности осадков в зависимости от времени формирования максимальных расходов на малых водосборах; принимают в зависимости от величины площади водосбора по табл. 8.3 или определяют по формуле

$$K_t = 1,2927 / F^{0,127};$$

d_p – расчетный коэффициент склонового стока;

d_0 – коэффициент склонового стока при полном насыщении почв водой; принимают в зависимости от ВП по табл. 8.4. Для ВП 2 % – 0,6, для ВП 3 % – 0,5 или определяют по формуле

$$d_0 = 0,6621 - 0,0551 \text{ВП};$$

δ_e – коэффициент, учитывающий естественную аккумуляцию дождевого стока на поверхности водосборов в зависимости от степени залесенности и вида почво-грунтов;

γ – коэффициент, учитывающий различную проницаемость покрытий и почво-грунтов на склонах водосборов в условиях формирования расчетных дождевых максимумов:

- для асфальтобетонных и цементобетонных покрытий – 0,00–0,02;
- мощения и малоразмерной бетонной плитки – 0,02–0,15;
- глин – 0,04, суглинков – 0,09;
- супесчаных – 0,10, песчаных грунтов – 0,15;
- торфов неосушенных 0,1–0,17, осушенных 0,15–0,25;

β – коэффициент, учитывающий состояние покрытий и почво-грунтов к началу формирования расчетного паводка:

- для дорожных покрытий 1,0–1,05;
- глин – 1,05, суглинков – 1,07;
- супесчаных – 1,10, песчаных грунтов – 1,15;

Π – поправочный коэффициент на редуцию проницаемости почвогрунтов (для Беларуси принимают $\Pi = 1$);

F – площадь водосбора, км²;

ϕ – коэффициент редукии максимального дождевого стока в зависимости от размеров водосборной площади; принимают по табл. 8.5 или определяют по формуле

$$\phi = (\sqrt[4]{10F})^{-1};$$

K_y – коэффициент учета влияния крутизны водосборного бассейна в зависимости от уклона главного лога I_0 (τ); принимают по табл. 8.6 или определяют по формуле

$$K_y = 0,0023I_0 + 0,8008;$$

K_ϕ – коэффициент, учитывающий форму водосбора; определяют по величине площади водосбора и отношения F/L по табл. 8.7 или по формуле

$$K_\phi = F/L^2;$$

δ_6 – коэффициент, учитывающий снижение расхода при наличии болот, озер; определяют по формуле

$$\delta_6 = 1 - f_6 - f_{oz},$$

где f_6, f_{oz} – относительные (в долях единицы) значения заболоченности и озерности:

$$f_6 = \frac{F_6}{F}, \quad f_{oz} = \frac{F_{oz}}{F},$$

где F_6, F_{oz} – площадь болот и озер;
 F – общая площадь водосбора.

Таблица 8.2

Максимальная часовая интенсивность дождя, $\alpha_{\text{час}}$

Максимальная часовая интенсивность дождя $\alpha_{\text{час}}$, мм/мин, при вероятности превышения						
10 %	5 %	4 %	3 %	2 %	1 %	0,3 %
0,48	0,62	0,69	0,75	0,82	0,97	1,26

Таблица 8.3

Коэффициент редукции часовой интенсивности осадков K_t

Коэффициент редукции часовой интенсивности осадков K_t при площади водосбора F в км ²												
0,0001	0,0005	0,001	0,005	0,01	0,05	0,1	0,5	0,8	1,0	5,0	7,0	10
4,30	3,70	3,05	2,55	2,12	1,82	1,62	1,37	1,25	1,20	1,09	1,04	1,0

Таблица 8.4

Коэффициент склонового стока d_0

Коэффициент склонового стока d_0 при вероятности превышения				
0,33 %	1 %	2 %	3 %	10 %
0,75–0,65	0,7–0,6	0,6–0,55	0,5–0,55	0,25

Таблица 8.5

Коэффициент редукции максимального дождевого стока ϕ

F_1 , км ²	ϕ	F_2 , км ²	ϕ	F_3 , км ²	ϕ	F_4 , км ²	ϕ	F_5 , км ²	ϕ	F_6 , км ²	ϕ
0,0001	0,98	0,005	0,86	0,05	0,75	0,3	0,64	0,9	0,52	3	0,46
0,0005	0,95	0,01	0,8	0,07	0,72	0,5	0,6	1	0,5	4	0,43
0,001	0,9	0,03	0,78	0,1	0,67	0,7	0,56	2	0,48	5	0,41

Таблица 8.6

Коэффициент крутизны водосборного бассейна K_y

Уклон главного лога I_0 (i_0), %	Коэффициент крутизны водосборного бассейна K_y			
	Односкатных и безрусловых			С наличием русла
	Асфальтобетон- ные и цементобетонные покрытия	Щебеночные и гравийные покрытия	Естественные задернованные склоны	
1	0,87	0,75	0,75	0,94
5	0,95	0,82	0,78	0,98
10	1,03	0,92	0,80	1,01
20	1,25	1,10	0,85	1,06
30	1,45	1,30	0,90	1,12
40	1,65	1,50	0,91	1,14
50	1,80	1,65	0,93	1,16
60	2,03	1,85	0,95	1,18
70	2,20	2,00	0,97	1,21
80	2,40	2,20	0,98	1,23
90	2,63	2,40	1,0	1,26
100	2,80	2,60	1,02	1,28
200	—	—	1,21	1,52
300	—	—	1,34	1,68
400	—	—	1,45	1,82
500	—	—	1,56	1,94
600	—	—	1,62	2,03
700	—	—	1,68	2,10

Коэффициент формы водосбора K_{ϕ}

$F, \text{ км}^2$	Коэффициент K_{ϕ} при отношении $\frac{F}{L}$ равном							
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4
0,1	0,7	0,85	0,85	0,7	—	—	—	—
0,2	0,7	0,75	0,9	0,85	0,8	—	—	—
0,4	0,7	0,85	0,9	0,85	0,8	—	—	—
0,6	—	0,7	0,85	0,85	0,85	0,8	—	—
0,8	—	—	0,8	0,9	0,85	0,85	0,8	0,8
1	—	—	0,75	0,8	0,9	0,85	0,8	0,8
1,2	—	—	0,8	0,85	0,9	0,87	0,85	0,8
1,4	—	—	0,75	0,85	0,87	0,9	0,85	0,8
1,5	—	—	0,7	0,8	0,9	0,87	0,85	0,82
1,8	—	—	—	0,8	0,85	0,9	0,87	0,85
2	—	—	—	0,75	0,85	0,87	0,9	0,85

8.3. Определение диаметра круглой железобетонной водопропускной трубы

В настоящее время широко применяют железобетонные трубы отверстием 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6 и 2 м. В последнее время начали применять металлические (гофрированные) трубы с отверстием 1,8–3,8 м.

Водопропускные трубы на автомобильных дорогах проектируют на безнапорный режим прохождения воды в трубе. Для определения отверстия трубы пользуются таблицами пропускной способности труб или рассчитывают отверстие трубы по формулам.

В табл. 8.8 приведены расчетные расходы Q для одноочковых оголовочных круглых железобетонных труб отверстием 1; 1,2; 1,4 и 1,6 м [8]. В случае многоочковых оголовочных труб пропускная способность трубы увеличивается пропорционально количеству очков.

Пропускная способность безоголовочных труб снижается. При пользовании табл. 8.8 следует вводить понижающий коэффи-

циент – 0,83. Так, пропускная способность безоголовочной трубы с отверстием 1,2 м при глубине воды перед трубой 1,29 м будет равен $0,83 \cdot 2,0 = 1,66 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таблица 8.8

Расчетные расходы водопропускных труб

Диаметр трубы d , м	Расход Q , $\text{м}^3/\text{с}$	Уклон трубы $i_{кр}$	Глубина воды перед трубой H , м
1,00	0,50	0,001	0,64
	1,00	0,004	0,94
	1,40	0,004	1,15
	1,70	0,006	1,27
1,20	1,00	0,004	0,87
	1,50	0,005	1,10
	2,00	0,005	1,29
	2,50	0,006	1,50
	2,60	0,006	1,52
1,40	2,50	0,006	1,35
	2,80	0,006	1,46
	3,00	0,006	1,54
	3,50	0,007	1,67
	3,80	0,007	1,78
1,60	2,50	0,004	1,31
	3,00	0,004	1,47
	3,50	0,004	1,55
	4,00	0,005	1,70
	4,50	0,005	1,82
	5,00	0,005	1,94
	5,30	0,006	2,04

8.4. Определение длины трубы

Высоту откоса насыпи при нулевом поперечном уклоне местности определяют по формуле

$$h_{\text{он}} = h_{\text{н}} - (0,5e + c)i_{\text{п}} - (a - c)i_0,$$

Длина трубы зависит от ширины дорожного полотна, высоты и заложения откосов насыпи.

На входе и выходе трубы откос насыпи укрепляют монолитным бетоном, бетонными плитами, нетканым геотекстильным полотном с семенами трав.

Теоретическую длину трубы с откосом насыпи 1:1,5 вычисляют по формуле

$$L_{\text{т}} = B_{\text{дп}} + 2 \cdot 1,5h_{\text{он}},$$

где $B_{\text{дп}}$ – ширина земляного (дорожного) полотна, зависит от категории дороги;

$h_{\text{он}}$ – высота откоса насыпи.

Необходимое число звеньев железобетонных водопропускных труб длиной 2,5 м определяют по формуле

$$n = (L_{\text{т}} - l_{\text{р}}) / 2,5.$$

где n – число звеньев трубы;

$l_{\text{р}}$ – длина раструба звена трубы (табл. 8.9).

Фактическую длину трубы определяют по формуле

$$L_{\text{ф}} = 2,5n + l_{\text{р}}.$$

Параметры элементов звена водопропускной трубы

Диаметр звена, м	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
Толщина стенки, см	8	13	14	15	16	15
Толщина раструбы, см	8,2	11,6	11,6	11,6	10,5	11,6
Длина раструбы, см	10	12	12	12	12	13

Число звеньев трубы назначается из условия, чтобы фактическая длина трубы была равна или больше теоретической.

Если $L_{\phi} > L_T$, то принимают длину трубы равной фактической L_{ϕ} , отодвигая противодиффузионный экран от оси дороги на входе на величину Δl_1 (рис. 8.1) [8]:

$$\Delta l_1 = L_{\phi} - L_T.$$

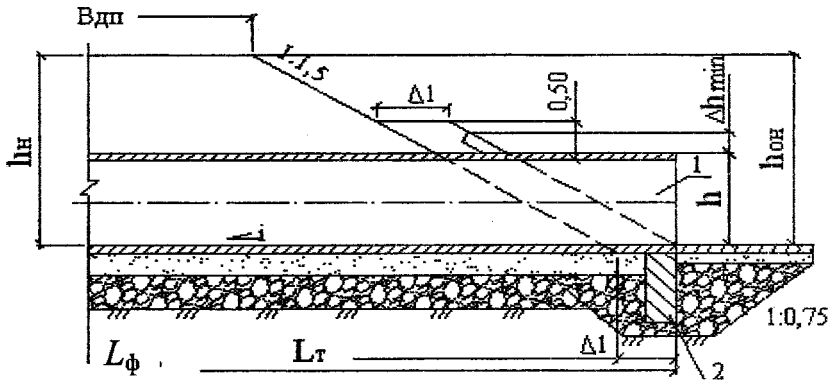


Рис. 8.1. Схема к определению длины трубы при заложении откоса $m = 1,5$:
1 – звено трубы; 2 – противодиффузионный экран

Если полученное значение Δl_1 больше 1 м, то целесообразно вход и выход трубы отодвинуть от оси дороги на расстояние Δl_2 :

$$\Delta l_2 = 0,5(L_{\phi} - L_T).$$

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

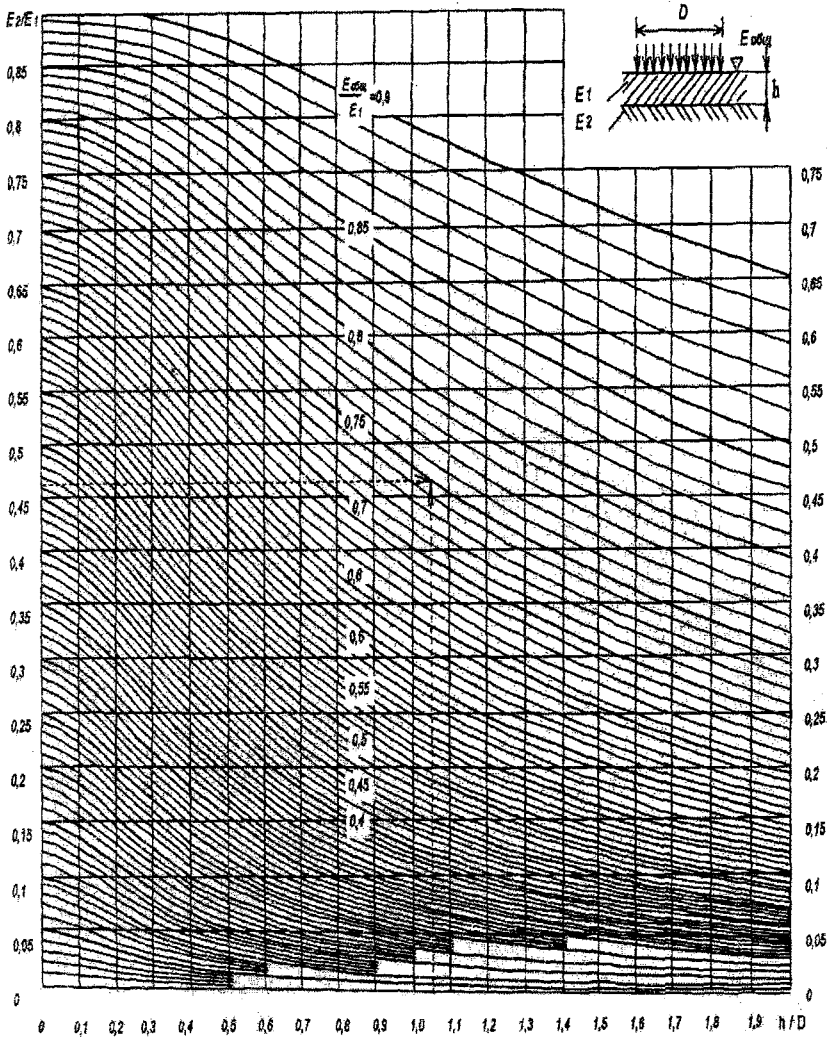


Рис. А1. Номограмма № 1 для определения общего модуля упругости двухслойной системы

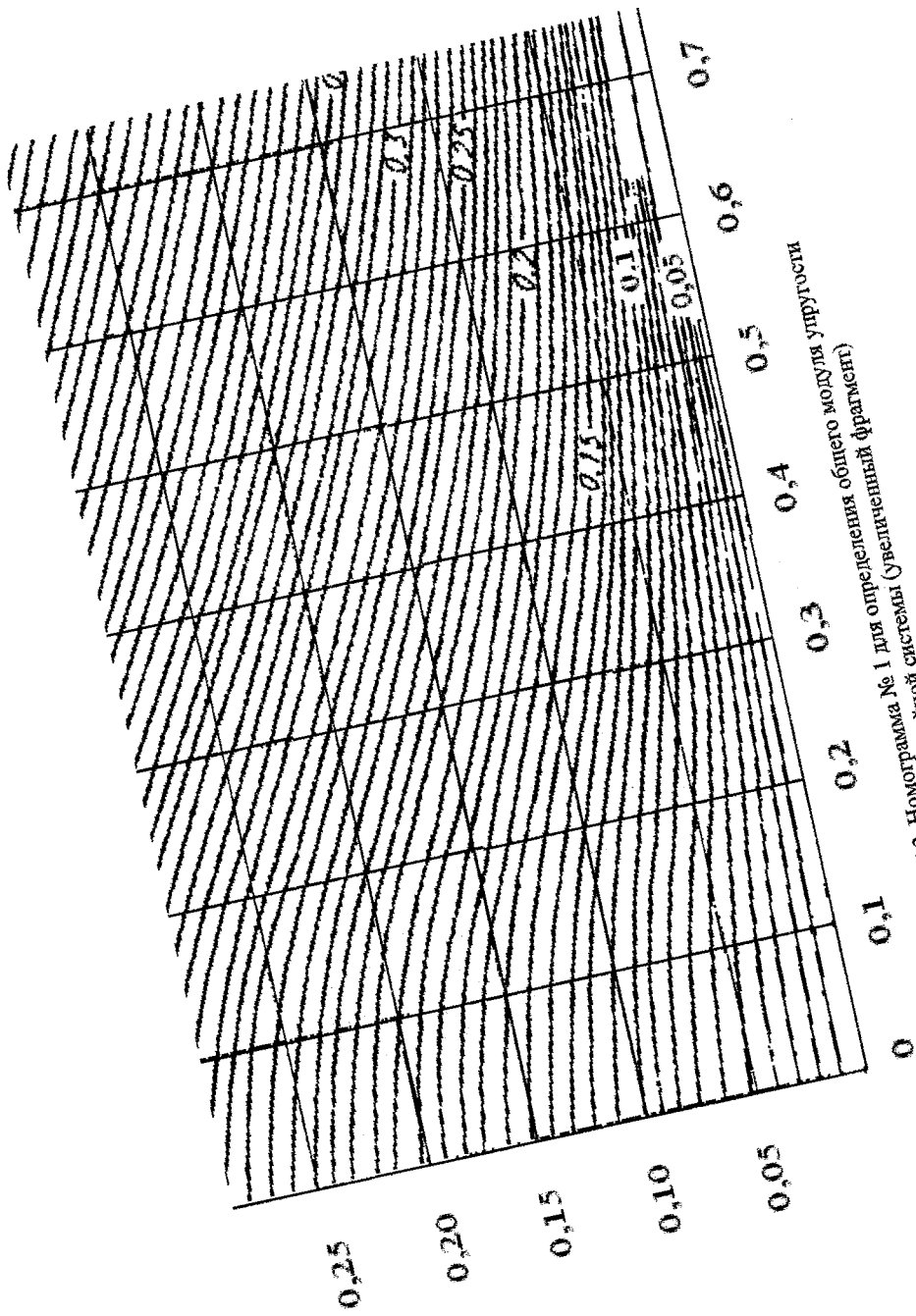


Рис. А2. Номограмма № 1 для определения общего модуля упругости двухступенчатой системы (увеличенный фрагмент)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б1

Расчетные значения характеристик грунтов

Вид грунта	Число пластичности J_p	Содержание песчаных зерен. (2–0,5 мм), масс.	Показатели	Расчетные значения характеристик грунта в зависимости от влажности W_T									
				0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<i>Песок</i>													
Крупный			E_y , МПа	130									
			φ , град	35									
			C , МПа	0,004									
Средней крупности			E_y , МПа	120									
			φ , град	32									
			C , МПа	0,004									
Мелкий			E_y , МПа	100									
			φ , град	31									
			C , МПа	0,003									
Однородный			E_y , МПа	75									
			φ , град	31									
			C , МПа	0,003									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Пылеватый			E_y , МПа	96	90	84	78	72	60	60	54	48
			ϕ , град	38	38	37	37	36	35	34	33	32
			C , МПа	0,026	0,024	0,022	0,018	0,014	0,012	0,011	0,010	0,009
<i>Супесь</i>												
Крупная легкая	От 1 до 7	Более 50	E_y , МПа	108	108	100	100	79	69	62	54	50
			ϕ , град	32	30	29	28	27	26	25	23	22
			C , МПа	0,022	0,016	0,014	0,013	0,011	0,01	0,007	0,005	–
Пылеватая	От 1 до 7	Более 50	E_y , МПа	108	108	100	100	79	69	62	54	50
			ϕ , град	32	30	29	28	27	26	25	23	22
			C , МПа	0,022	0,02	0,014	0,013	0,011	0,01	0,007	0,005	–
<i>Суглинок</i>												
Легкий непывлеватый	От 7 до 12	Более 40	E_y , МПа	108	100	77	64	52	42	34	27	23
			ϕ , град	27	25	23	21	19	18	16	13	11
			C , МПа	0,0035	0,026	0,024	0,018	0,014	0,011	0,009	0,006	0,004
Легкий Пылеватый	От 7 до 12	Менее 40	E_y , МПа	108	100	77	64	52	42	34	27	23
			ϕ , град	28	25	24	22	20	18	16	14	11
			C , МПа	0,04	0,03	0,03	0,019	0,015	0,012	0,009	0,007	0,005
Тяжелый непывлеватый	От 12 до 17	Более 40	E_y , МПа	100	80	62	49	38	29	21	13	10
			ϕ , град	25	22	20	18	15	13	10	7	–
			C , МПа	0,05	0,035	0,03	0,022	0,016	0,013	0,01	0,008	0,007
Тяжелый пылеватый	От 12 до 17	Менее 40	E_y , МПа	100	80	62	49	38	29	21	13	10
			ϕ , град	25	22	20	18	15	13	10	7	–
			C , МПа	0,05	0,035	0,03	0,022	0,016	0,013	0,01	0,008	0,007

Окончание табл. Б1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Глина</i>												
Легкая непыле- ватая	От 17 до 27	Более 40	<i>E_y</i> , МПа	82	62	51	34	24	17	10	5	–
			<i>φ</i> , град	23	20	17	15	12	8	3	–	–
			<i>C</i> , МПа	0,06	0,04	0,032	0,024	0,02	0,02	0,010	0,008	0,01
Легкая пылеватая	От 17 до 27	Менее 40	<i>E_y</i> , МПа	82	62	51	34	24	17	10	5	–
			<i>φ</i> , град	23	20	17	15	12	8	3	–	–
			<i>C</i> , МПа	0,06	0,04	0,032	0,024	0,02	0,02	0,010	0,008	0,01
Тяжелая	Более 27	Не норми- руется	<i>E_y</i> , МПа	70	48	34	24	16	10	5	4	–
			<i>φ</i> , град	22	19	16	13	10	5	–	–	–
			<i>C</i> , МПа	0,06	0,044	0,034	0,025	0,020	0,015	0,01	0,006	–

Относительная нормативная влажность грунта

Дорожно-климатическая зона	Схема увлажнения рабочего слоя земляного полотна	Среднее значение влажности $W_{\text{таб}}$ грунта в долях от W_T			
		Супесь легкая	Песок пылеватый	Суглинок, глины	Супесь пылеватая и суглинок пылеватый
I	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	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
III	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

Таблица Б3

Значения кратковременного модуля упругости
асфальтобетонов и гравийно-эмульсионных смесей
при расчете конструкции по допускаемому упругому
прогибу и по условию сдвигоустойчивости

Материал	Марка битума	Кратковременный модуль упругости E , МПа, при температуре покрытия, °С		
		10	20	50
1	2	3	4	5
Щебеночно-мастичный асфальтобетон	Вязкий БНД/БН: 60/90	3700	2100	530
	90/130	2700	1400	460
Плотный асфальтобетон	Модифицированный	4000	2350	660
	Вязкий БНД/БН: 60/90	3200	1800	460
	90/130	2400	1200	420
	130/200	1500	800	380
	200/300	1200	600	360
	Жидкий: БГ-70/130	1000	420	350
	СГ-130/200	1000	420	350
	СГ-70/130	800	360	350
Пористый и высокопористый асфальтобетон	Вязкий БНД/БН: 60/90	2000	1200	360
	90/130	1400	800	350
	130/200	1100	600	340
	200/300	950	450	330
Холодные асфальтобетоны:				
B_x		1300	—	—
B_x		1100	—	—

1	2	3	4	5
Γ_x		900	—	—
D_x		750	—	—
Гравийно-эмульсионные смеси		1800	1000	340

Примечания.

1. Модули упругости плотных асфальтобетонов на модифицированном битуме даны для случая их модификации термоэластопластичными полимерами типа СБС. В случае применения резинобитумных вяжущих величины E уменьшают в 1,05 раза. Для терморезистивных полимеров величины E уменьшают в 1,2 раза.

2. Модули упругости плотного асфальтобетона даны для типа А. Для асфальтобетонов типов В и Д величины E уменьшают в 1,1 раза. Для асфальтобетонов типов Б и Г величины E увеличивают в 1,1 и 1,15 раза соответственно.

3. При использовании плотного асфальтобетона в нижнем слое покрытия на глубине более 4 см от поверхности его модуль упругости при 10 °С повышают в 1,15 раза.

4. Модули упругости пористого и высокопористого асфальтобетона даны применительно к песчаным смесям. При температуре 50 °С модули упругости для мелкозернистых смесей увеличивают в 1,1 раза, а для крупнозернистых смесей — в 1,2 раза.

Расчетные характеристики слоев из материалов и грунтов,
укрепленных вяжущими веществами

Материал слоя	Расчетные характеристики материалов	
	Модуль упругости E , МПа	Прочность на растяжение при изгибе R_u , МПа
1	2	3
Щебеночно-песчаные смеси из малоактивных металлургических шлаков по ГОСТ 3344 (С1–С4/С5–С6), щебеночно-песчаные смеси и крупнообломочные грунты (оптимального по СТБ П 1698/ неоптимального состава):		
– обработанные цементом, марок:		
– 75	1000/900	0,70/0,60
– 60	900/800	0,60/0,50
– 40	700/600	0,50/0,40
– обработанные комплексными вяжущими	950/700	0,40/0,30
– обработанные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	450/350	0,30/0,20
Щебень из малопрочных пород, доломитовый щебень, пески гравелистые, крупные, средние:		
– обработанные цементом, марок		
– 100	950	0,60
– 75	850	0,50
– 60	750	0,40
– 40	600	0,30
– 20	500	0,20

1	2	3
– обработанные комплексными вяжущими	450	0,30
– обработанные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	280	0,20
Пески мелкие, супесь легкая, пылеватая, суглинок легкий, пески из отходов дробления горных пород:		
– обработанные цементом, марок		
– 100	850	0,50
– 75	750	0,40
– 60	550	0,30
– 40	400	0,20
– 20	250	0,15
– обработанные комплексными вяжущими	400	0,30
– обработанные вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	270	0,25
Суглинки тяжелые, пылеватые, глины песчанистые, пылеватые, обработанные:		
– комплексными вяжущими	250	0,15
– вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	150	0,10

Таблица Б5

Расчетные характеристики слоев из неукрепленных материалов

Материал слоя	Расчетные характеристики материалов		
	Модуль упругости слоя E , МПа	Внутреннее сцепление C , МПа	Угол внутреннего трения ϕ , град
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Черный щебень марки 1000 и выше, крупностью до 40 мм, уложенный по способу заклинки	900	—	—
Фракционированный щебень марки 1000 и выше, устроенный по способу пропитки: — вязким битумом или эмульсией на вязком битуме	600	—	—
— цементно-песчаной смесью марки М75 при глубине пропитки более 0,5 толщины слоя	500	—	—
Каменная мостовая, пакеляж: — из колотого камня	500	—	—
— из булыжного камня	400	—	—
Щебеночно-песчаные шлаковые смеси типов С1—С6 из малоактивных металлургических шлаков по ГОСТ 3344	400	—	—
Фракционированный щебень марки 1000 и выше (из осадочных пород / из глубинных пород), крупностью до 70 мм, оптимального зернового состава по СТБ П 1698, устроенный по способу заклинки:			
— известняковой смесью, фосфогипсом	<u>450</u> 350	<u>0,07</u> 0,06	<u>48</u> 45
— асфальтогранулятом по СТБ 1705	<u>440</u> 330	<u>0,06</u> 0,05	<u>45</u> 44
— фракционированным мелким щебнем и гранитным отсевом (природным песком)	<u>400</u> 300	<u>0,05</u> 0,04	<u>43</u> 42

1	2	3	4
Щебеночно-гравийно-песчаные смеси по ГОСТ 25607:			
– типов С1–С2	240	0,03	43
– типов С3–С11	200	0,02	42
Асфальтогранулят по СТБ 1705:			
– типа А1	240	0,05	46
– типа А2	220	0,05	44
Фракционированный доломитовый щебень марки 600 и выше оптимального зернового состава по СТБ П 1698, устроенный по способу заклинки:			
– асфальтогранулятом по СТБ 1705	240	0,03	46
– фракционированным мелким щебнем и гранитным отсевом (природным песком)	200	0,03	44
Щебеночно-песчаные смеси оптимального зернового состава по СТБ П 1698 крупностью до 40 мм, песчано-гравийные смеси по ГОСТ 23735 с содержанием щебня (гравия) более 30 %, минеральный бетон из гранитного отсева, из малопрочных известняков, доломитов малоперекристаллизованных, в том числе с остекленной поверхностью	180	0,02	41

Примечание.

При армировании основания дорожной одежды синтетическими геосетками, поверхностная плотность которых не менее 350 г/м^2 , предел прочности при растяжении (в продольном и поперечном направлениях) – не менее 30 кН/м, относительное удлинение волокон при разрыве (в продольном и поперечном направлениях) – не более 16 %, модуль упругости слоя основания Е допускается увеличивать в соответствии с действующими ТНПА.

Типы местности по характеру и степени увлажнения

Тип местности	Источники увлажнения	Характерные признаки
1 (сухие места)	Атмосферные осадки	Поверхностный сток обеспечен. Подземные воды не оказывают влияние на увлажнение грунтов. Почвы без признаков заболачивания
2 (сырые места)	Кратковременные стоящие (до 30 сут) поверхностные воды, атмосферные осадки	Поверхностный сток не обеспечен. Рельеф местности равнинный. Весной и осенью возможен застой воды на поверхности почвы. Подземные воды не оказывают влияние на увлажнение грунтов. Почвы с признаками заболачивания
3 (мокрые места)	Грунтовые или длительно стоящие (более 30 сут) поверхностные воды, атмосферные осадки	Источники увлажнения оказывают влияние на увлажнение почвы и грунтов независимо от условий поверхностного стока. Почвы заболоченные

Примечания.

1. Подземные воды не оказывают влияние на увлажнение верхней толщи грунтов в случае, если их уровень в предморозный период залегаёт 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, легких крупных и песках пылеватых.

2. Отвод поверхностного стока считается обеспеченным при уклонах поверхности грунта в придорожной полосе более 2 %.

Типы и подтипы глинистых грунтов

Грунты		Показатели	
Тип	Подтип	Содержание песчаных частиц, % по массе	Число пластичности I_p
Супесь	Легкая крупная	Свыше 50	1-7
	Легкая	Свыше 50	1-7
	Пылеватая	50-20	1-7
	Тяжелая пылеватая	Менее 20	1-7
Суглинок	Легкий	Свыше 40	7-12
	Легкий пылеватый	Менее 40	7-12
	Тяжелый	Свыше 40	12-17
	Тяжелый пылеватый	Менее 40	12-17
Глина	Песчанистая	Свыше 40	17-27
	Пылеватая	Менее 40	17-27
	Жирная	Не нормируется	Свыше 27

Примечания.

1. Для супесей легких крупных учитывается содержание песчаных частиц размерами 2-0,25 мм, для остальных грунтов - 2-0,005 мм.

2. При содержании в грунте 25-50% по массе частиц крупнее 2 мм к названию глинистых грунтов добавляется слово «гравелистый».

Расчетные схемы увлажнения верхней части земляного
полотна (изменение №1 ТКП 45-03.03-19-2006)

Номер схемы и источники увлажнения рабочего слоя	Условия отнесения к данному типу
1. Атмосферные осадки	<p>Для насыпей на участках 1-го типа местности по условиям увлажнения (см. табл. Б6 или Б1[1]).</p> <p>Для насыпей на участках 2-го и 3-го типа по условиям увлажнения при возвышении низа дорожной одежды над расчетным уровнем грунтовых и поверхностных вод или над поверхностью земли, не менее чем в 1,5 раза превышающем требования табл. 6.9 или табл. 19 [1].</p> <p>Для насыпей на участках 2-го типа при расстоянии до бровки дорожного полотна от уровня поверхностных вод (отсутствующих в летний период не менее 2/3 этого периода) более 5–10 м – при супесях, более 2–5 м – при легких пылеватых суглинках и более 2 м – при тяжелых пылеватых суглинках и глинах (меньшие значения следует принимать для грунтов с большим числом пластичности; при залегании различных грунтов следует принимать наибольшие значения). В выемках в песчаных и глинистых грунтах при уклонах кюветов более 20 ‰ и при возвышении низа дорожной одежды над расчетным уровнем грунтовых вод, более чем в 1,5 раза превышающем требования табл. 19 [1].</p> <p>При применении специальных методов регулирования водно-теплового режима (капилляр-прерывающие, гидроизолирующие, термоизолирующие и армирующие прослойки, дренаж и т. п.), назначаемых по специальным расчетам</p>

Номер схемы и источники увлажнения рабочего слоя	Условия отнесения к данному типу
2. Кратковременно стоящие (до 30 сут) поверхностные воды, атмосферные осадки	<p>Для насыпей на участках 2-го типа местности по условиям увлажнения (см. табл. Б6) при возвышении низа дорожной одежды, отвечающем требованиям табл. 19 [1], но не превышающем более чем в 1,5 раза эти требования, при крутизне откосов не менее 1 1,5 и при простом (без берм) поперечном профиле насыпи.</p> <p>Для насыпей на участках 3-го типа местности и при применении специальных мероприятий по защите от грунтовых вод (капилляропрерывающие и гидроизолирующие слои, дренаж), назначаемых по специальным расчетам, при отсутствии длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод и выполнении условий предыдущего абзаца.</p> <p>В выемках в песчаных и глинистых грунтах при уклоне кюветов менее 20 ‰ и возвышении низа дорожной одежды над расчетным уровнем грунтовых вод, более чем в 1,5 раза превышающем требования табл. 19 [1]</p>
3. Подземные или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды, атмосферные осадки	<p>Для насыпей на участках 3-го типа местности по условиям увлажнения (см. табл. Б6) при возвышении низа дорожной одежды, отвечающем требованиям табл. 19 [1], но не превышающем их более чем в 1,5 раза. То же для выемок, в основании которых имеется уровень грунтовых вод, расположение которого по глубине не превышает более чем в 1,5 раза требования табл. 19» [1]</p>

Наименьшее возвышение низа дорожной одежды (ТКП 45-03.03-19-2006)

Грунт верхней части земляного полотна	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды, м	
	над поверхностью земли (на участках 2-го типа местности)	над уровнем грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (на участках 3-го типа местности)
Песок средней крупности Песок мелкий Супесь легкая крупная Супесь легкая	0,5	0,7
Песок пылеватый Суглинок легкий	0,6	1,2
Супесь пылеватая Супесь тяжелая пылеватая Суглинок легкий пылеватый Суглинок тяжелый Суглинок тяжелый пылеватый Глины	0,8	1,9

Примечания.

1. За расчетный уровень грунтовых вод следует принимать максимально возможный уровень грунтовых вод, который может иметь место за срок службы дорожной одежды. Положение расчетного уровня грунтовых вод устанавливается по данным разовых замеров на период изысканий на основе статистического метода с учетом климатических и грунтово-гидрологических условий района строительства.

При отсутствии данных наблюдений, а также при наличии верховодки за расчетный допускается принимать уровень, определяемый по верхней линии оглеения грунтов.

2. Низ дорожной одежды определяют по границе последнего по глубине конструктивного слоя одежды, учитываемого при расчете на прочность.

**СТРУКТУРА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО
ПРОЕКТА «ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ»**

Титульный лист.

Задание.

Исходные данные (данные по варианту мелким шрифтом на 1 стр.).

Содержание (с указанием страниц разделов и подразделов).

Введение (до 1 страницы).

**1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ.**

Дать краткую природно-климатическую характеристику района. Привести данные о средней температуре воздуха, количестве осадков, грунтовых условий.

**2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ.**

Установить техническую категорию автомобильной дороги.

Определить расстояние видимости (по первой схеме).

Определить рекомендуемый радиус кривой в плане.

Таблица 2.1. Технические параметры элементов проектируемых дорог.

**3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ
ДОРОГИ.**

3.1. Проектирование варианта плана трассы.

Запроектировать один вариант трассы.

На карте участка местности, увеличенной до масштаба 1:5000 обозначить: трассу дороги, пикеты, вершины углов, величину биссектрисы, прямые $П_1$, $П_2$, $П_3$, величину углов поворота, подписать все горизонтали около трассы.

3.2. Подбор радиусов круговых кривых и длин переходных кривых.

Дать расчет параметров всех круговых кривых.

3.3. Проектирование закругления малого радиуса.

Рис. 3.1. Элементы закруглений с переходными кривыми.

3.4. Разбивка пикетажа, составление ведомости прямых и кривых.

Дать расчет пикетного положения вершин углов поворота, основных точек закруглений, определить дирекционный угол, азимуты и румбы.

Рис. 3.2. Схема к вычислению дирекционного угла.

Табл. 3.1. Ведомость углов поворота, прямых и кривых.

3.5. Оформление чертежа «План дороги».

На чертеже «План дороги» в масштабе 1:5000 указать начало и конец трассы, углы поворота, пикетаж, ситуацию слева и справа от дороги, пересечения с автомобильными дорогами, ручьями, реками, указать расположение водопропускных труб, мостов, разместить на чертеже ведомость углов поворота прямых и кривых, схему привязки основных точек трассы.

4. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ.

4.1. Определение отметок поверхности земли по оси трассы.

Показать схему определения отметок черного профиля, дать пример расчета высотных отметок методом интерполирования и экстраполирования.

Рис. 4.1. Схема определения отметок поверхности земли по карте.

Расчет остальных высотных отметок дать в табличной форме.

Табл. 4.1. Расчет отметок черного профиля.

4.2. Назначение руководящих рабочих отметок и контрольных точек.

Дать расчет руководящей рабочей отметки по обеспечению снегонезаносимости, рассчитать контрольную отметку у труб.

4.3. Составление варианта проектной линии.

На продольном профиле запроектировать вариант проектной линии.

Определить продольные уклоны всех прямых ломаной линии.

Рис. 4.2. Схема определения продольных уклонов.

4.4. Расчет параметров вертикальных кривых.

Дать схему расчета всех вертикальных кривых. Определить все параметры и пикетное положение основных точек вертикальных кривых.

Рис. 4.3. Схема расчета вертикальных кривых (ПК).

Дать расчет всех отметок проектной линии на прямых и вертикальных кривых.

Табл. 4.2. Расчет отметок проектной линии.

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЮВЕТОВ.

Определить глубину кюветов, пикетное положение начала и конца кювета, дать схему расчета всех кюветов.

Рис. 5.1. Схема расчета кювета на ПК.

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.

Дать чертеж типовых поперечных профилей. На чертеже указать пикетное положение всех типов поперечников, дать расчет пикетного положения типов поперечников.

7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ.

Дать расчет общего модуля упругости конструкции, представить схему слоев дорожной одежды с указанием толщины и модуля упругости слоев, дать схему расчета двухслойных систем снизу вверх.

Чертеж «Поперечный профиль дорожной одежды».

На чертеже указать все слои дорожной одежды и их параметры.

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПРОПУСКНОЙ ТРУБЫ.

Определить пикетное положение всех водопропускных труб на продольном профиле. Определить расчетный расход от ливневых вод. По наибольшему расходу определить диаметр водопропускных труб. Определить теоретическую и практическую длину всех труб, уточнить длину бермы земляного полотна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В заключении привести все параметры дороги, полученные в ходе выполнения курсового проекта. Указать категорию дороги, протяженность участка, количество углов поворота и элементы круговых кривых, указать величину продольных уклонов, параметры всех вертикальных кривых, результаты расчета дорожной одежды, диаметр водопропускных труб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

Привести все источники по мере упоминания, которые были использованы при выполнении курсового проекта с указанием авторов, места и года издания, количество страниц.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобильные дороги. Нормы проектирования : ТКП 45-3.03-19-2006 (02250). – Минск: 2006. – 42 с.
2. Куделко, М. Я. Методические указания к курсовому проекту по курсу «Автомобильные дороги» для студентов-заочников специальности 1212 «Мосты и тоннели» / М. Я. Куделко, В. В. Малиновский. – Минск: БПИ, 1988. – 80 с.
3. Яцевич, И. К. Методические указания по выполнению курсового проекта «Основы проектирование автомобильных дорог» для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / И. К. Яцевич, Е. И. Кононова. – Минск: БНТУ, 2010. – 97 с.
4. Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования : ТКП 200-2009.
5. Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования : ТКП 45 3.03-112-2008(02250). – Минск, 2008. – 85 с.
6. Веренько, В. А. Конструирование и расчет дорожной одежды, повышение надежности и долговечности : учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта «Проект дорожной одежды нежесткого типа» для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / В. А. Веренько. – Минск: БНТУ, 2012. – 77 с.
7. Типовые строительные конструкции водоотводных устройств на автомобильных дорогах. – Минск, 2012. – 14 с.
8. Проект пересечения водотока : методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Специальные вопросы проектирования автомобильных дорог» для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / И. К. Яцевич, Е. И. Кононова. – Минск: БНТУ, 2014. – 137 с.

Учебное издание

МЫТЬКО Леонид Романович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Автомобильные и железные дороги» для студентов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» и по дисциплине «Проектирование автомобильных дорог» для студентов специальности 1-27 01 01-03 «Экономика и организация производства (автодорожное хозяйство)»

Редактор *Т. В. Гриценкова*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 20.02.2018. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 5,36. Тираж 100. Заказ 842.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.