

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**КАФЕДРА ГЕОТЕХНИКИ И ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ**

# **Проект автомобильной дороги**

Пособие к выполнению курсового проекта №3

по дисциплине

***«Изыскание и проектирование  
автомобильных дорог»***

для студентов специальности  
1-70 03 01 «Автомобильные дороги»

дневной и заочной форм обучения

Брест 2018

УДК 625.7/8(075.8)

ББК 39.311(я7)

П 62

**Рецензент:**

В.М. Слесарчик, начальник проектно-сметного  
отдела РУП «Бреставтодор»

П.В. Шведовский, к.т.н., профессор,  
заведующий кафедрой геотехники и транспортных коммуникаций

П 62 Проект автомобильной дороги: пособие к выполнению курсового проекта №3 /  
Н.В. Чумичева, Д.С. Козловский. – Брест: Издательство БрГТУ, 2018. – 88 с.

**ISBN 978-985-493-420-4**

В пособии изложена методика проектирования автомобильной дороги, методика проектирования нежесткой дорожной одежды, методика проектирования автобусной остановки и организация дорожного движения.

Изложенная методика может быть использована в курсовом и дипломном проектировании.

УДК 625.7/8(075.8)

ББК 29.311(я7)

ISBN 978-985-493-420-4

© Издательство БрГТУ, 2018

## Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ</b> .....	5
<b>2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ</b> .....	6
2.1 Установление технической категории автомобильной дороги .....	6
<b>3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ</b> .....	8
3.1 Назначение параметров плана трассы.....	8
3.1.1 Проложение вариантов плана трассы .....	8
3.2 Проектирование симметричной биклотоиды .....	9
3.3 Проектирование несимметричной биклотоиды .....	12
3.4 Пикетаж и составление ведомости углов поворота, прямых и кривых .....	14
3.5 Составление чертежа «План трассы» и сравнение вариантов .....	15
<b>4 ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ</b> .....	18
4.1 Нанесение исходной информации .....	18
4.2 Назначение контрольных и руководящих отметок.....	22
4.3 Нанесение геологического профиля.....	24
4.4 Оформление чертежа «Продольный профиль» .....	25
<b>5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ</b> .....	26
5.1 Критерии расчета дорожной одежды .....	26
5.2 Определение расчетных нагрузок и интенсивности движения автомобилей .....	30
5.3 Определение требуемого модуля упругости .....	33
5.4 Определение расчетной влажности грунта.....	33
5.5 Расчет прочности дорожной одежды по упругому прогибу .....	34
5.6 Расчет на сдвигоустойчивость грунтов земляного полотна и неукрепленных материалов конструктивных слоев дорожных одежд.....	37
5.7 Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.....	41
5.8 Проектирование осушения дорожных одежд.....	45
5.9 Обеспечение морозоустойчивости дорожных одежд и земляного полотна .....	47
5.10 Пример проектирования дорожной одежды. Определение расчётной нагрузки.....	49
<b>6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОБУСНОЙ ОСТАНОВКИ</b> .....	57
<b>7 ОРГАНИЗАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ</b> .....	60
7.1 Расстановка дорожных знаков .....	60
7.2 Основные положения установки некоторых дорожных знаков .....	61
7.3 Разметки проезжей части.....	64
7.4 Расстановка дорожных ограждений .....	65
7.5 Расстановка направляющих устройств .....	69
7.6 Освещение автомобильных дорог .....	71
<b>Приложение А</b> .....	72
<b>Приложение Б</b> .....	75
<b>Приложение В</b> .....	81
<b>Приложение Г</b> .....	83
<b>Приложение Д</b> .....	85
<b>Список использованных источников</b> .....	87

## **ВВЕДЕНИЕ**

Увеличение транспортного потока грузоперевозок вызывает необходимость строительства новых автомобильных дорог, соединяющих населенные пункты.

При проектировании автомобильных дорог необходимо предусматривать мероприятия по охране окружающей природной среды, обеспечивающие минимальное нарушение сложившихся экологических, геологических, гидрогеологических и других естественных условий. При разработке мероприятий необходимо учитывать бережное отношение к ценным сельскохозяйственным угодьям, к зонам отдыха и местам расположения лечебно-профилактических учреждений и санаториев. Места расположения мостов, конструктивные и другие решения не должны приводить к резкому изменению режимов рек, а сооружение земляного полотна – к резкому изменению режима грунтовых и стока поверхностных вод.

Проектные решения автомобильных дорог должны обеспечивать: организованное, безопасное, удобное и комфортабельное движение автотранспортных средств с расчетными скоростями; однородные условия движения; соблюдение принципа зрительного ориентирования водителей; удобное и безопасное расположение примыканий и пересечений; необходимое сцепление шин автомобилей с поверхностью проезжей части; необходимое обустройство автомобильных дорог, в том числе защитными дорожными сооружениями; необходимые здания и сооружения дорожной и автотранспортной служб и т. п.

# 1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В пояснительной записке на основе исходных данных, справочной литературы освещают следующие вопросы: средние температуры наиболее холодного и наиболее жаркого месяца; толщину снежного покрова с вероятностью превышения 5% (привести в таблицах); максимальную глубину промерзания грунтов (80–100 см); макрорельеф местности в районе проектирования и его тип (равнинный, пересеченный); условия поверхностного стока; микрорельеф по трассе и типы местности по характеру поверхностного стока и степени увлажнения; краткую характеристику геологического строения района, почвогрунты, их гранулометрический состав, физико-механические свойства, распространение уровней грунтовых вод, наличие выхода грунтовых вод на поверхность; характеристику существующих дорог (категорию, земляное полотно в местах пересечений).

На основании приведенных климатических характеристик строится дорожно-климатический график. Пример графика показан на рисунке 1.1.

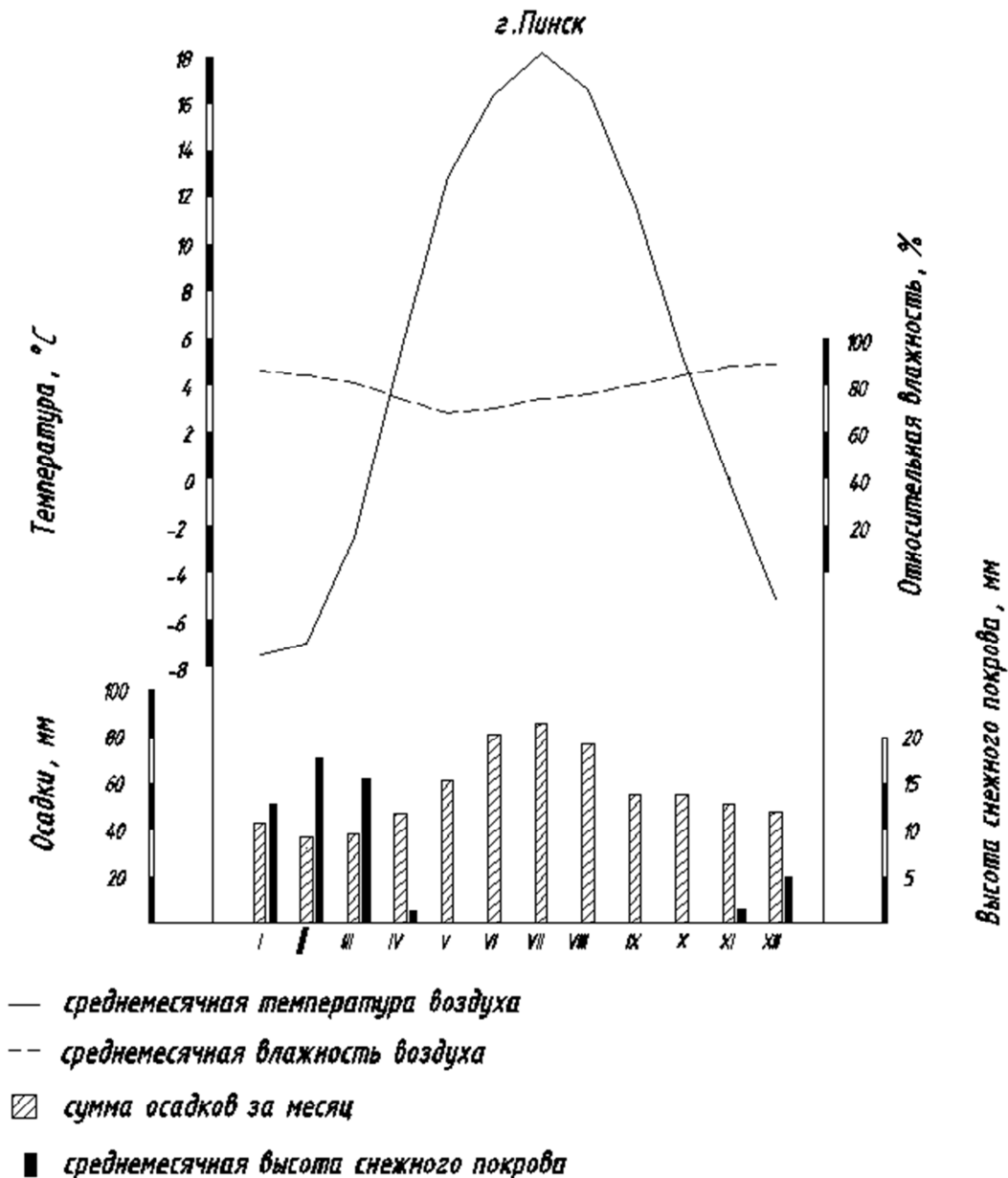


Рисунок 1.1 – Дорожно-климатический график

## 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

### 2.1 Установление технической категории автомобильной дороги

Ориентировочно категория дороги назначается по перспективной интенсивности движения  $N_t$ :

$$N_t = N_0 \cdot (1 + 0,01 \cdot p)^{t-1}, \text{авт./сут.}, \quad (2.1)$$

где  $N_0$  – начальная интенсивность движения, авт./сут. (по заданию);

$p$ – ежегодный прирост интенсивности, % (по заданию);

$t$ – расчетный период ( $t=20$  лет).

По полученной по формуле (2.1) расчетной интенсивности движения автомобилей категорию дороги определяют с помощью таблицы 2.1.

Таблица 2.1 – Определение класса и категории дороги

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
Автомостраль	I-а	Участки республиканских магистральных дорог протяженностью не менее 150 км с долей транзита в потоке более 50%	Более 8 000	–	140
Скоростная автомобильная дорога	I-б	Подходы к крупнейшим городам на расстоянии 40–50 км, к аэропортам, кольцевые дороги вокруг крупнейших городов	Более 10 000	–	120
Автомобильные дороги	I-в	В остальных случаях	Св. 10 000	–	120
	II		Св. 5 000 до 10 000 включ.	Св. 7 000 включ.	120
	III		Св. 2 000 до 5 000 включ.	Св. 3 000 до 7 000 включ.	100
	IV		Св. 200 до 2000 включ.	Св. 400 до 3000 включ.	80
	V		До 200 включ.	Св. 100 до 400 включ.	60
Автомобильные дороги низших категорий	VI-а	Местные дороги с незначительной интенсивностью движения	–	25-100	40
	VI-б		–	До 25	30

Нормативные характеристики автомобильных дорог в зависимости от категории назначаются по таблице 2.2

Таблица 2.2 – Нормативные характеристики автомобильных дорог

Категория дороги	I-а	I-б, I-в, II	III	IV	V
Расчетная скорость, км/ч (основная)	140	120	100	80	60
$R_{\text{выпмин}}$ , М	25 000	15 000	8 000	4 000	1 500
$R_{\text{вогмин}}$ , М	8 000	6 000	4 000	2 500	1 500
Уклон $i_{\text{max}}$ , ‰	40	40	50	60	70

Геометрические характеристики автомобильных дорог представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Геометрические характеристики автомобильных дорог

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

*Примечание:* с-ширина барьерного ограждения, устанавливаемого на разделительной полосе

Данный раздел проекта завершают заполнением таблицы технических параметров проектируемой дороги (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Технические параметры проектируемой дороги

№ пп	Наименование технических показателей	Измеритель	По нормам
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1.	Расчетная скорость	км/ч	
2.	Нагрузка на одиночную ось	кН	
3.	Ширина проезжей части	м	
4.	Ширина обочины	м	
5.	Ширина укр. полосы обочины	м	
6.	Ширина дорожного полотна	м	
7.	Поперечный уклон проезжей части	‰	
8.	Поперечный уклон обочины	‰	
9.	Максимальный продольный уклон	‰	
10.	Расстояние видимости, м $S_1$ $S_{бок}$	м	
11.	Радиусы горизонтальных кривых $R_{min}$ $R_{рек}$	м	
12.	Радиусы вертикальных кривых: выпуклых $R_{min}$ $R_{рек}$ вогнутых $R_{min}$ $R_{рек}$	м	

## **3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ**

### **3.1 Назначение параметров плана трассы**

Проектирование плана трассы включает:

- 1) выяснение контрольных точек и препятствий трассированию;
- 2) проложение вариантов плана трассы;
- 3) подбор радиусов и длин переходных кривых закруглений;
- 4) пикетаж и составление ведомости углов поворота, прямых и кривых;
- 5) разработка чертежа «План трассы».

В курсовом проекте исходной информацией для проектирования плана трассы являются карта местности масштабом 1:25 000, начальный и конечный пункты и направления входа в них, препятствия трассированию.

С целью детальной проработки вариантов трассы и продольного профиля масштаб карты изменяют на 1:5 000. Для этого карту местности увеличивают с помощью множительной техники и используют в качестве черновика.

Перед проложением трассы выясняют препятствия трассированию и контрольные точки. Препятствиями являются озера, населенные пункты, запретные зоны, заштрихованные на выданной карте. Контрольными точками могут быть места пересечения с железными и автомобильными дорогами, реками.

Автомобильные дороги следует прокладывать, как правило, в обход населенных пунктов с устройством подъездов к ним. Расстояние от оси дороги до линии жилой застройки с учетом генерального плана должно, как правило, составлять, м, не менее:

- для дорог I-а категории – 300;
- то же I-б, I-в и II категорий – 200;
- “ III и IV категорий – 100.

Автомобильные дороги I–III категорий пересекаются с железными дорогами в разных уровнях всегда, а дороги IV категории – в отдельных случаях (в курсовом проекте их пересечение можно принимать в одном уровне). При этом острый угол пересекающихся дорог должен быть не менее 60°.

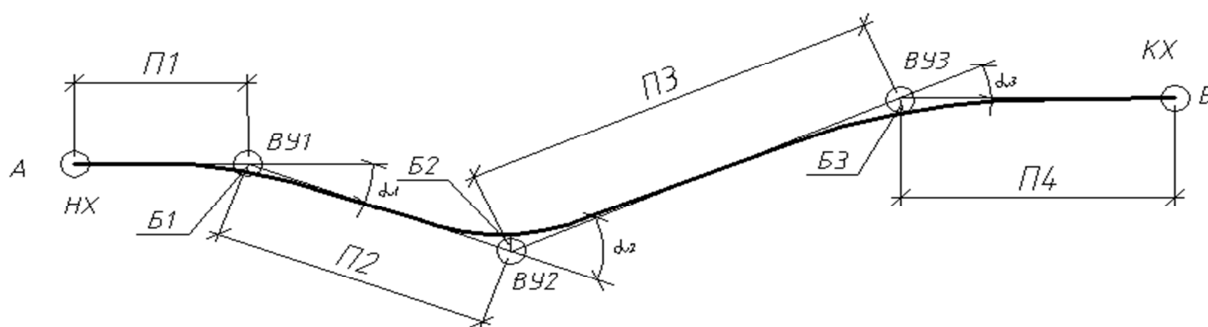
Автомобильные дороги категории I-а пересекаются в разных уровнях с дорогами I–V категорий, дороги I-б, II категории – с дорогами I, II, III категорий, дороги III категории – с дорогами III категории при интенсивности движения в узле более 8 000 приведенных автомобилей в сутки. Пересечение дорог в одном уровне выполняется под прямым или близким к прямому углом.

#### **3.1.1 Проложение вариантов плана трассы**

В курсовом проекте рассматривают два варианта плана трассы. Варианты плана трассы рекомендуется проектировать методом упругой линии с помощью гибкой линейки с учетом контрольных точек и препятствий.

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





**Рисунок 3.1 – Схема замены криволинейного плана трассы ломаным очертанием**

После этого измеряют углы поворота трассы ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ) в местах изменения направления прямых, расстояние между вершинами углов ( $\Pi_2, \Pi_3$ ), расстояние от начала хода трассы до ближайшей вершины ( $\Pi_1$ ) (точка  $A$ ) и расстояние от конца (точка  $B$ ) участка трассы до ближайшей вершины ( $\Pi_4$ ), а также биссектрисы закруглений  $B_1, B_2, B_3$ .

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

- продольные уклоны – не более 40 ‰;
- радиусы кривизны в плане не менее:  
на дорогах I-а категории – 3 000 м;  
то же I-б, I-в и II категорий – 2 000 м;  
III и IV категорий – 1 200 м;
- радиусы кривизны выпуклых кривых в продольном профиле не менее:  
на дорогах I-а категории – 70 000 м;  
то же I-б, I-в и II – IV категорий – 25 000 м;
- радиусы кривизны вогнутых кривых в продольном профиле – не менее 8 000 м;
- длину кривых в продольном профиле не менее:  
непрерывно выпуклых – 300 м;  
непрерывно вогнутых – 100 м.

### 3.2 Проектирование симметричной биклотоиды

Клотоида как математическая кривая представляет собой спираль, радиус кривизны которой непрерывно изменяется от  $\rho=\infty$  в начальной точке до  $\rho=0$  в конце (строго говоря в бесконечном удалении от начала).

В качестве переходной кривой, или самостоятельного дорожного закругления, применяется лишь начальный участок клотоиды от  $\rho=\infty$  (точка отхода от начальной прямой, которую обычно называют главной касательной) до  $\rho=R$  на расстоянии  $L$  от начала клотоиды.

Клотоиду, или радиальную спираль, можно выразить уравнением (формула 3.1):

$$\rho = \frac{c}{s}, \quad (3.1)$$

где  $\rho$  – радиус кривизны;

$S$  – расстояние от начала клотоиды до данной точки на ней;

$C$  – постоянная – параметр клотоиды (формула 3.2):

$$C = RL = A^2, \quad (3.2)$$

где  $R$  – радиус кривизны конца клотоиды (точнее конца рассматриваемого отрезка клотоиды длиной  $L$ );

$L$  – длина клотоиды (точнее длина отрезка от ее начала до данной точки на ней, где радиус кривизны  $\rho=R$ );

$A$  – параметр, характеризующий степень изменения кривизны клотоиды.

Основные элементы симметричной биклотоиды представлены на рисунке 3.2:

$\alpha$  – угол поворота трассы;

$K$  – тангенс биклотоидной кривой;

$D$  – домер;

$B$  – биссектриса;

$L$  – длина клотоиды;

$T_d$  – длинный тангенс клотоиды;

$T_k$  – короткий тангенс клотоиды;

$P$  – сдвигка круговой кривой;

$B_{кл}$  – биссектриса клотоиды

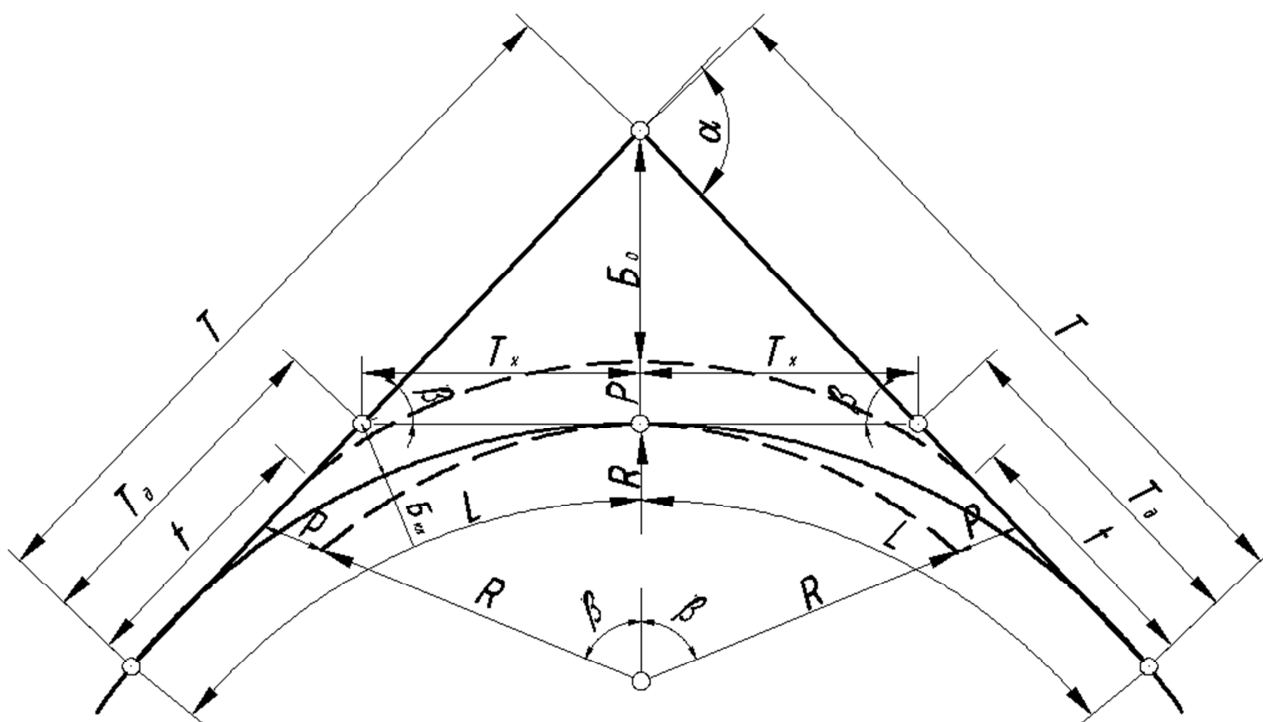


Рисунок 3.2 – Симметричная биклотоида

При проектировании клотоидной трассы должно быть выдержано определенное соотношение между радиусом кривизны конца клотоиды  $R$  и ее длиной  $L$ , чтобы нарастание центростремительного ускорения было не более определенной нормированной величины ( $0,5 - 0,6 \text{ M}/c_3$ ) и в исключительных случаях при соответствующих технико-экономических обоснованиях составляло не более  $1 \text{ M}/c_3$ . Проверка данного условия выполняется по рисунку 3.3.

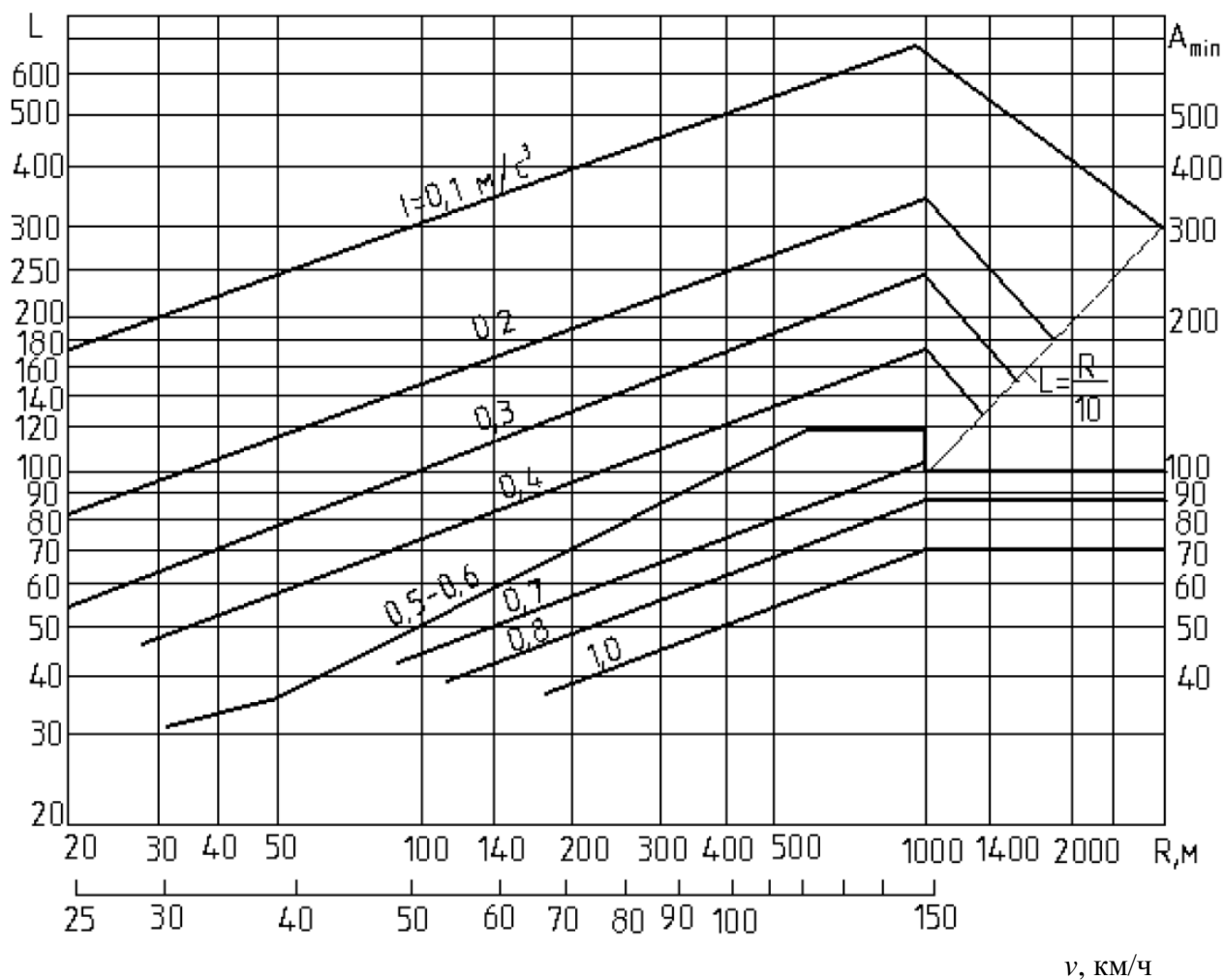


Рисунок 3.3–Номограмма допустимости соотношений  $R$  и  $L$

### Пример

Дано: угол поворота трассы  $\alpha = 30^\circ 18'$  и радиус  $R = 200$  м.

Требуется определить элементы клотоидного закругления: длину тангенса  $T$ , длину кривой (биклотоиды)  $K$ , домер  $D$ , биссектрису  $B$ , длину клотоиды  $L$ , параметр  $A$ , угол клотоиды  $\beta$  и биссектрису  $B_{кл}$  этого угла.

По табл. I [2] выписываем эти данные из строки  $\alpha = 30^\circ 18'$ :  $T=53,77$ ;  $K= 105,77$ ;  $D=1,77$ ;  $B= 4,80$ ;  $L = 52,88$ ;  $A= 72,72$ ;  $\beta = 15^\circ 09'$ ;  $B_{кл}=1,39$ .

Все эти элементы, за исключением угла  $\beta$ , умножаем на  $\frac{R}{100} = \frac{200}{100} = 2$

И получаем значения для  $R = 200$ :

$$\begin{aligned}
 T &= 53,77 \cdot 2 = 107,54 \text{ м}; & D &= 1,77 \cdot 2 = 3,54 \text{ м}; \\
 L &= 52,88 \cdot 2 = 105,76 \text{ м}; & \beta &= 15^\circ 09'; \\
 K &= 105,77 \cdot 2 = 211,54 \text{ м}; & B &= 4,80 \cdot 2 = 9,60 \text{ м}; \\
 A &= 72,72 \cdot 2 = 145,44; & B_{кл} &= 1,39 \cdot 2 = 2,78 \text{ м}.
 \end{aligned}$$

Проверим, можно ли принять при  $R = 200$  м длину клотоиды  $L = 105,76$  м.

Из номограммы (см. рис. 3.3) находим, что точка пересечения координат  $R=200$  и  $L= 105,76$  м соответствует  $I \sim 0,35$  м/с<sup>3</sup>, т. е. меньше нормированной величины  $I = 0,5—0,6$  м/с<sup>3</sup>, что вполне допустимо.

### 3.3 Проектирование несимметричной биклотоиды

Если длины входной и выходной клотоиды не равны между собой, то данное закругление представляет собой несимметричную биклотоиду, основные элементы которой изображены на рисунке 3.4.

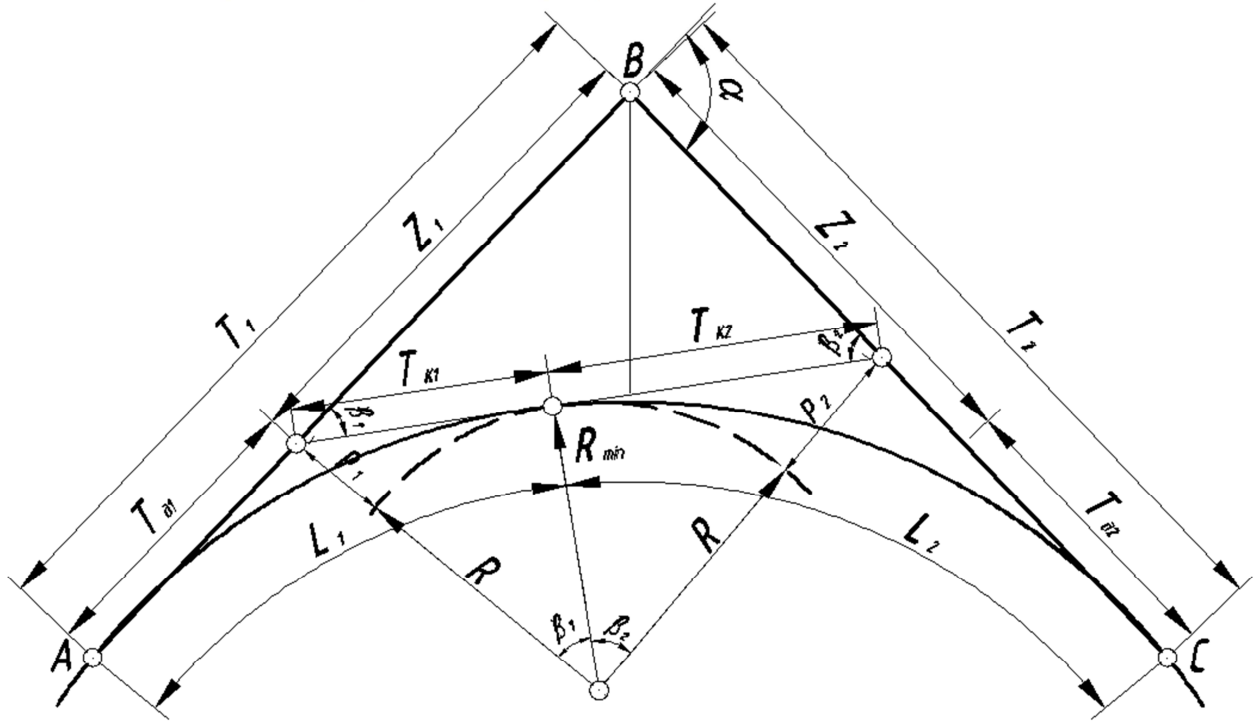


Рисунок 3.4 – Несимметричная биклотоида

Из рисунка 3.4 имеем  $\beta_1 + \beta_2 = \alpha$  (в радианах), или  $\frac{L_1}{2R} + \frac{L_2}{2R} = \alpha$  ;

$$\frac{L_1}{2R} \cdot \rho + \frac{L_2}{2R} \cdot \rho = \alpha \text{ (в градусах),}$$

где  $\rho = \frac{180}{\pi} = 57,3$ ;  $\frac{L_1}{2R} = \beta_1$ ;  $\frac{L_2}{2R} = \beta_2$ ;

откуда

$$L_1 = L_2 \cdot \frac{\beta_1}{\beta_2}, \text{ м,} \quad (3.3)$$

$$L_2 = L_1 \cdot \frac{\beta_2}{\beta_1}, \text{ м,} \quad (3.4)$$

$$R = \frac{57,3}{\alpha} \cdot \left( \frac{L_1 + L_2}{2} \right), \text{ м,} \quad (3.5)$$

где  $\alpha$  – угол поворота трассы в радиусах .

Длина тангенса  $T$  несимметричной биклотоиды равна (см. рис.3.4):

$$T_1 = T_{\partial_1} + z_1, \text{ м,} \quad (3.6)$$

$$\frac{z_1}{\sin \beta_2} = \frac{T_{k1} + T_{k2}}{\sin(180 - \alpha)} = \frac{z_2}{\sin \beta_1}, \quad (3.7)$$

$$z_1 = \frac{\sin \beta_2}{\sin \alpha} \cdot (T_{\kappa_1} + T_{\kappa_2}), \text{ м}, \quad (3.8)$$

$$T_1 = T_{\partial_1} + \frac{\sin \beta_2}{\sin \alpha} \cdot (T_{\kappa_1} + T_{\kappa_2}), \text{ м}, \quad (3.9)$$

$$T_2 = T_{\partial_2} + \frac{\sin \beta_1}{\sin \alpha} \cdot (T_{\kappa_1} + T_{\kappa_2}), \text{ м}, \quad (3.10)$$

где  $T_{\partial_1}, T_{\partial_2}$  и  $T_{\kappa_1}, T_{\kappa_2}$  – соответственно длинные и короткие тангенсы сопряженных клотоид.

Эти величины определяются по таблице I[2] при трех заданных элементах несимметричной биклотоиды – стыкового радиуса  $R_{min}$  и одной из пар:  $\beta_1, \beta_2; \beta_1, \alpha; \beta_2, \alpha; \beta_1, L_1; \beta_2, L_2$ , а так же при заданных  $L_1, L_2$  и  $\alpha$ .

На примере покажем проектирование закругления в виде несимметричной биклотоиды.

### Пример

Дано: угол поворота трассы  $\alpha = 70^\circ 30'$ ; длина первой клотоиды  $L_1 = 120$  м; второй клотоиды  $L_2 = 80$  м.

Требуется определить элементы этой несимметричной биклотоиды:  $\beta_1, \beta_2, T_1, T_2, A_1$  и  $A_2, R_{min}, K$  и  $D$ . Стыковой радиус биклотоиды  $R_{min}$  определяем по выражению (3.5):

$$R_{min} = \frac{57,3}{70,5} \cdot \left( \frac{120 + 80}{2} \right) = 81,3 \text{ м};$$

$$\beta_1 = \frac{L_1}{2R} = \frac{120}{2 \cdot 81,3} = 0,7380, \quad \text{или } \beta_1 = 42^\circ 17';$$

$$\beta_2 = \alpha - \beta_1 = 70^\circ 30' - 42^\circ 17' = 28^\circ 13'.$$

Элементы первой клотоиды определяем по таблице Ia [2] при  $\beta_1 = 42^\circ 17'$  и  $R = 81,3$  м:

$$T_{\partial_1} = 101,359 \cdot \frac{81,3}{100} = 82,40 \text{ м};$$

$$T_{\kappa_1} = 51,903 \cdot 0,813 = 42,20 \text{ м};$$

$$A_1 = 121,489 \cdot 0,813 = 98,77 \text{ м}.$$

Элементы второй клотоиды определяют при известных значениях  $\beta_2 = 28^\circ 13'$  и  $R=81,3$  м:

$$T_{\partial_2} = 66,517 \cdot 0,813 = 54,08 \text{ м}; \quad \sin \beta_2 = \sin 28^\circ 13' = 0,473;$$

$$T_{\kappa_2} = 33,609 \cdot 0,813 = 27,32 \text{ м}; \quad \sin \beta_1 = \sin 42^\circ 17' = 0,673;$$

$$A_2 = 99,245 \cdot 0,813 = 80,69 \text{ м}; \quad \sin \alpha = \sin 70^\circ 30' = 0,943.$$

По формулам (3.9) и (3.10) рассчитываем:

$$T_1 = 82,4 + \frac{0,473}{0,943} \cdot (42,2 + 27,32) = 117,21 \text{ м};$$

$$T_2 = 54,08 + \frac{0,673}{0,943} \cdot (42,2 + 27,32) = 103,70 \text{ м}.$$

Длина закругления  $K = L_1 + L_2 = 120 + 80 = 200 \text{ м}$ .

Домер  $D = T_1 + T_2 - K = 117,27 + 103,70 - 200 = 20,97 \text{ м}$ .

Зная  $A_1$  и  $A_2$ , можно произвести детальную разбивку биклотоиды.

### 3.4 Пикетаж и составление ведомости углов поворота, прямых и кривых

Пикетаж включает нанесение пикетов и плюсовых точек на трассе с помощью измерителя и установление пикетного положения вершин углов поворота. В курсовом проекте начало НХ принимают равным нулю.

Пикетное положение (рисунок 3.1):

$$\text{первой вершины ВУ1} = \text{НХ} + \text{П}_1; \quad (3.11)$$

$$\text{второй вершины ВУ2} = \text{ВУ1} + \text{П}_2 - \text{Д}_1; \quad (3.12)$$

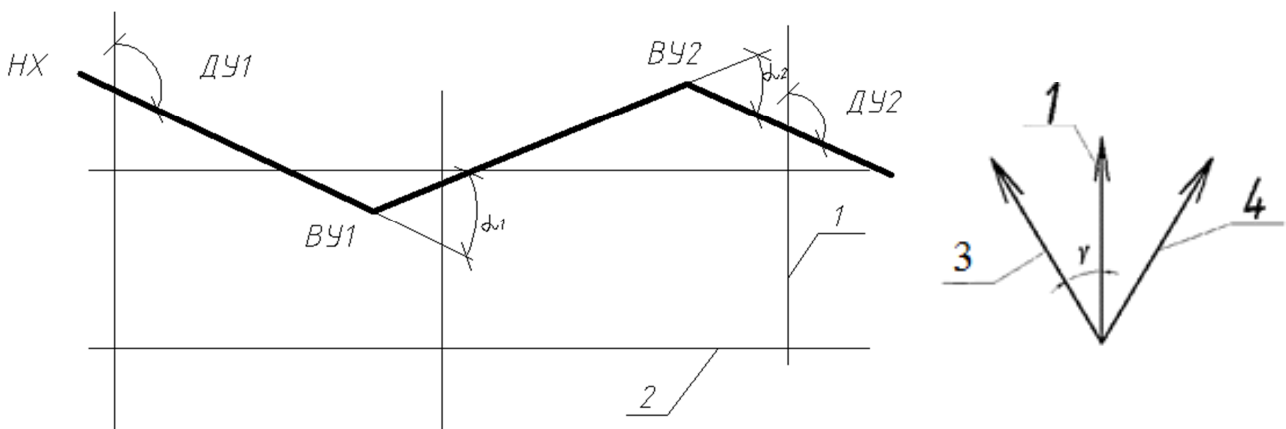
$$\text{конец хода КХ} = \sum \text{П}_i - \sum \text{Д}_i. \quad (3.13)$$

В формулах (3.11)–(3.13) длины участков ломаной трассы измеряются по карте, а домер  $D$  вычисляется.

На каждом закруглении при известных значениях  $\alpha$ ,  $R$ ,  $L$  вычисляют остальные элементы закругления с точностью до 0,01 м, пикетные положения основных точек закругления определяют длины оставшихся прямых участков трассы и их румбы.

**Румб** (магнитный или истинный) – острый угол между ближайшим концом меридиана (магнитного или истинного) и направлением прямой. В курсовом проекте вычисляют магнитный румб. Для этого с помощью карты местности сначала определяется дирекционный угол  $\text{ДУ1}$  прямой  $\text{П}_1$ .

**Дирекционный угол** – угол между вертикальной линией 1 километровой сетки карты и направлением прямой. Так, для прямой ВУ1–ВУ2 дирекционный угол равен  $\text{ДУ1}$  (рисунок 3.5).



1 – вертикальная линия километровой сетки на карте; 2 – нижний край карты;

3 – направление магнитного меридиана; 4 – направление истинного меридиана

**Рисунок 3.5 – Схема к вычислению дирекционного угла и азимута**

Далее в курсовом проекте вычисляют магнитный азимут:

$$A_1 = ДУ1 \pm \gamma, \quad (3.14)$$

где  $\gamma$  – угол между вертикальной линией сетки карты и магнитным меридианом (рисунок 5.5), указан внизу карты местности.

Знак «+» в формуле (3.14) принимают, если линия 3 (рисунок 3.5) отклоняется от линии 1 влево, знак «-» – вправо.

По полученной величине азимута  $A_1$  вычисляют значение магнитных азимутов и румбов остальных линий. Так, азимут линии  $\Pi_2$  будет равен

$$A_2 = A_1 \pm \alpha_1. \quad (3.15)$$

В формуле (3.15) знак «+» принимают, если трасса поворачивает вправо на угол  $\alpha$ , и знак «-», если она поворачивает влево на угол  $\alpha$ .

По величине азимутов  $A$  вычисляют румбы линии:

если  $0 \leq A \leq 90$ , то румб равен СВ:А;

если  $90 < A \leq 180$ , то румб ЮВ:(180-А);

если  $180 < A \leq 270$ , то румб ЮЗ:(А-180);

если  $270 < A \leq 360$ , то румб СЗ:(360-А).

Далее составляется ведомость углов поворота, прямых и кривых. Форма такой ведомости приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Ведомость углов поворота, прямых и кривых

№ п/п	а		ВУ		R	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	К	Д	Б	Бкл	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
	лево	право	ПК	+													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

НЗ		КЗ		Длина прямой	Румб
ПК	+	ПК	+		
19	20	21	22	23	24

В первой строке в графе 1 ставят НХ (начало хода) и его пикетное положение (графа 4, 5), в последней строке – аналогично КХ (конец хода). В промежуточных строках приводят данные по каждому закруглению.

Правильность составления ведомости углов поворота, прямых и кривых проверяют:

по длине трассы (формула 3.16):

$$КХ - НХ = \sum l_i + \sum K_i; \quad (3.16)$$

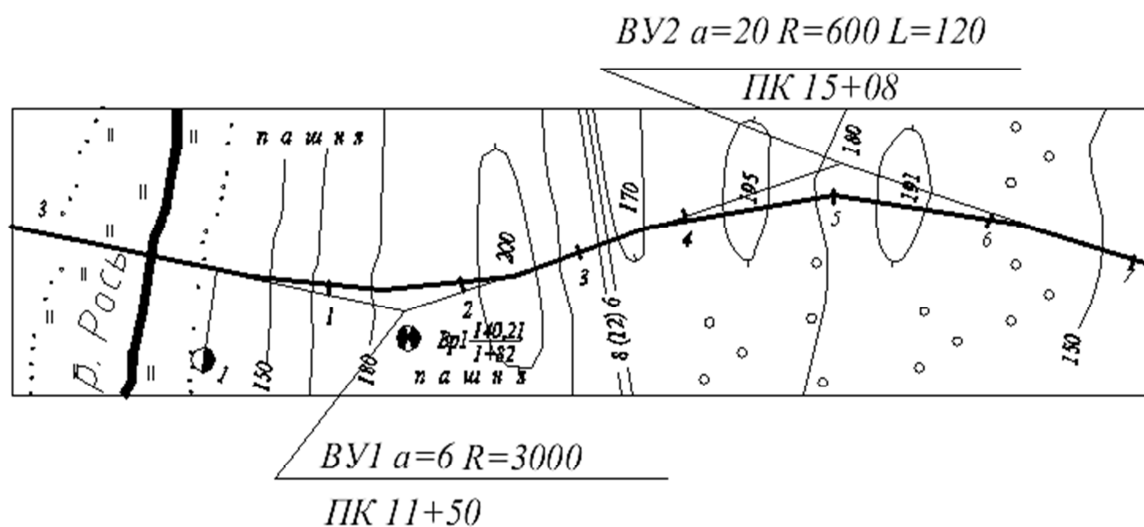
по домерам (формула 3.17):

$$2\sum T_i - 2\sum L_i = \sum D_i. \quad (3.17)$$

### 3.5 Составление чертежа «План трассы» и сравнение вариантов

На основе чертежа, полученного путем ксерокопирования карты местности, вычерчивается ситуация в полосе не менее 100 м в каждую сторону от трассы автомобильной дороги по вариантам. На ватмане наносится ломаная трасса по вариантам, вписываются закругления на основе ведомости углов поворота,

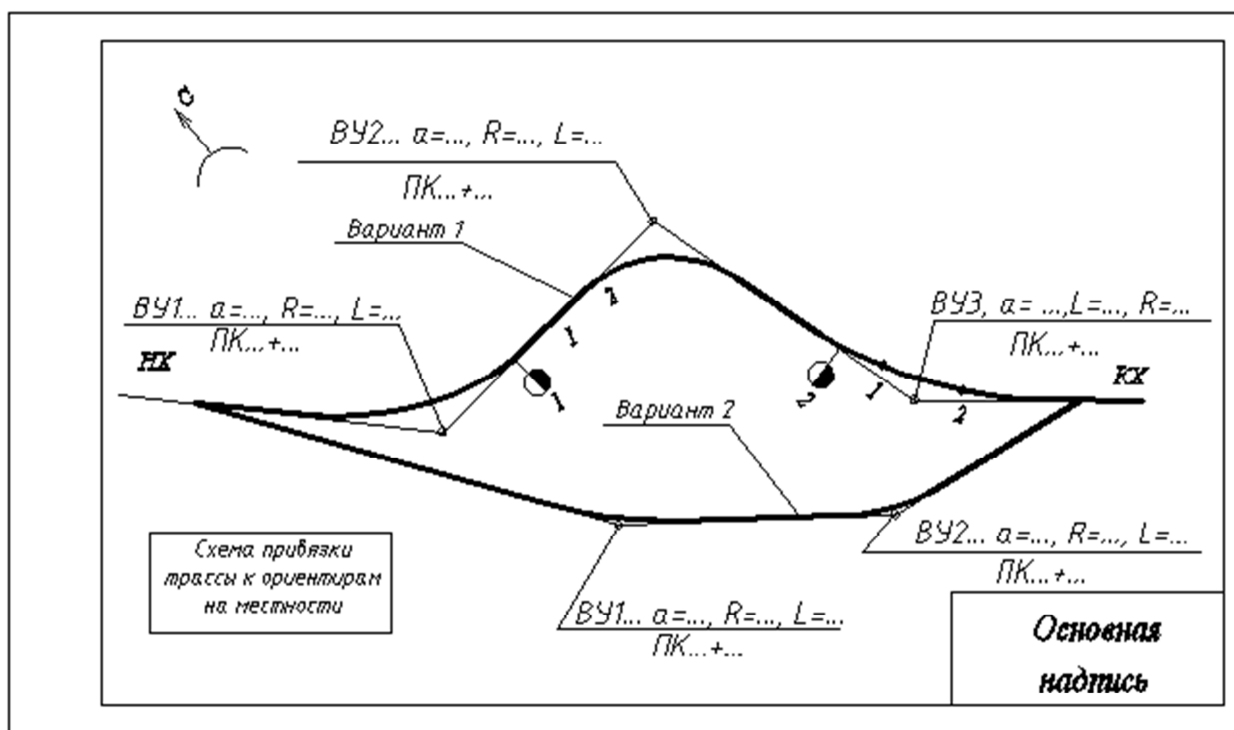
прямых и кривых. На каждом закруглении приводятся основные его параметры (рисунок 3.6).



**Рисунок 3.6– Фрагмент оформления чертежа «План трассы»**

На чертеже обозначают номера вариантов, пикеты и километры, показывают направление «север-юг», схему привязки трассы к ориентирам на местности.

На плане трассы обозначают номера вершин углов поворота, данные каждого закругления ( $\alpha$ ,  $R$ ,  $L$ ) на примере рисунка 3.7.



**Рисунок 3.7 – Схема чертежа «План трассы»**

В правом нижнем углу размещается основная надпись.

Нанесение условных графических обозначений при оформлении чертежа «План трассы» ведется в соответствии с СТБ 2235-2011 [11].



Выбор варианта трассы производят по длине, числу углов поворота с радиусами менее рекомендуемых, числу мостов, путепроводов, труб и т. д. (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Сравнение вариантов трассы

Наименование показателей	Ед. изм.	Варианты		Преимущества	
		I	II	I	II
1. Длина трассы	км.				
2. Коэффициент удлинения трассы	-				
3. Количество углов поворота	шт.				
4. Средний угол поворота	град.				
5. Средний радиус поворота	м.				
6. Минимальный радиус поворота	м.				
7. Количество пересечений:					
7.1. В одном уровне	шт.				
7.2. В двух уровнях					
8. Количество малых водотоков	шт.				
9. Максимальный продольный уклон	‰				
10. Протяженность участков, неблагоприятно влияющих на устойчивость земляного полотна:	м.				
10.1. Болота					
10.2. Косогор					
11. Общая длина участков с тах продольным уклоном	м.				
12. Протяженность участков, проходящих по лесу	м.				
13. Протяженность участков, проходящих по с/х угодьям и плодородным землям (пашня)	м.				

## 4 ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

Продольный профиль составляется по выбранному варианту трассы в соответствии с масштабами (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Схема чертежа «Продольный профиль»

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 Нанесение исходной информации

К исходной информации относятся:

- а) план трассы;
- б) черный профиль по оси трассы;
- в) геологическое строение местности по оси дороги.

Геологическое строение местности при проектировании продольного профиля в курсовом проекте № 1 наносят на чертеж продольного профиля для выбранного варианта трассы.

План трассы с ситуацией по 100 м в каждую сторону от оси дороги составляют по данным топографической карты (графа 1 таблица 4.1).

В графе 1 обозначают угодья, пересекаемые дороги, водотоки, линии связи и электропередач, положение вершин углов поворота и направление поворота трассы (рисунок 4.2). В графе 14 (рисунок 4.3) по данным ведомости углов поворота, прямых и кривых наносят элементы плана оси дороги: прямые (длина, румб), закругления (номер вершины угла, величина угла поворота, радиус круговой кривой, длина переходной, расстояние от ближайшего пикета до начала и конца переходных и круговых кривых), указывают номера пикетов (только единицы) и километры.

В графе 13 обозначают расстояние между плюсовыми точками и пикетами. При отсутствии на пикетах плюсовых точек расстояние между пикетами (100 м) не записывают (например, ПК8, ПК9 на рисунке 4.3).

Тип местности по увлажнению определяется по карте местности. В курсовом проекте принимается 1-й тип, если уклоны местности более 2‰, 3-й тип – на участках болот или если в задании указан уровень грунтовых вод и 2-й тип – в остальных случаях. Границы типов указывают в графе 2 (таблица 4.1). Типы местности обозначают цифрами 1, 2 или 3.

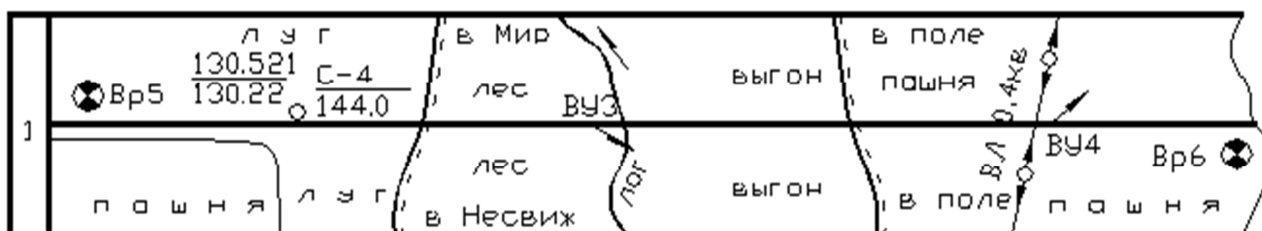


Рисунок 4.2 – Пример заполнения графы 1

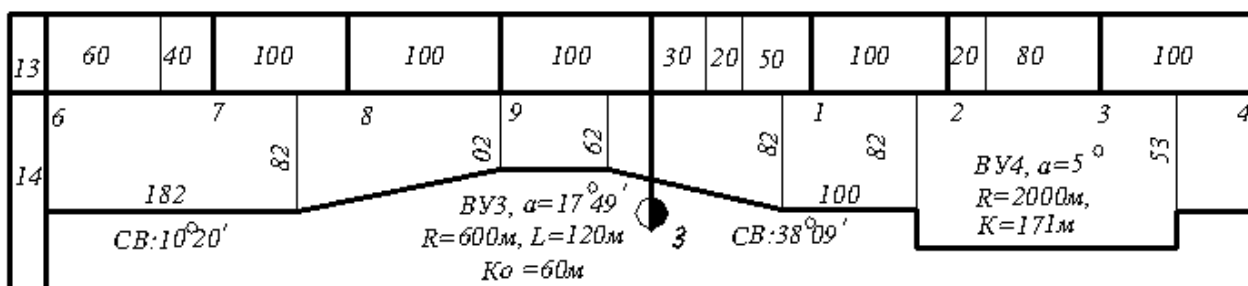


Рисунок 4.3 – Пример заполнения граф 13 и 14

Нанесение условных графических обозначений при оформлении чертежа «Продольный профиль» ведется в соответствии с СТБ 2235-2011 [11].

Таблица 4.1 – Таблица исходной информации и проектных решений

Ситуационный план		1	20	175	
Тип местности по увлажнению		2	5		
Проектные данные	Тип поперечного профиля		3		5
	Левый кювет	Укрепление	4		5
		Уклон, ‰	5		10
		Длина, м			
		Отметка дна, м	6		15
	Правый кювет	Укрепление	7		5
		Уклон, ‰	8		10
		Длина, м			
		Отметка дна, м	9		15
	Уклон, ‰; вертикальная кривая, м		10		10
Отметки оси дороги, м		11	15		
Фактические данные	Отметки рельефа, м		12		15
	Расстояние, м		13	10	
Пикет		14	5		
Элементы плана			20		
Километры			10		
10	25	40			
75					

На рисунке 4.4. представлен пример оформления продольного профиля автомобильной дороги.

Номер ИГЭ	Группа грунта	Наименование грунта
1	33а	суглинок легкий
2	33б	суглинок тяжелый

М 1:5000 – по горизонтали  
М 1:500 – по вертикали  
М 1:100 – по вертикали – грунты

Ситуационный план	
Тип местности по увлажнению	
Проектные данные	Тип поперечного профиля
	Укрепление
	Уклон, %; длина, м
	Отметка дна, м
	Укрепление
	Уклон, %; длина, м
	Отметка дна, м
	Уклон, %; вертикальная кривая, м
	Отметка оси дороги, м
	Фактические данные
Расстояние, м	
Пикет Элементы плана Километры	

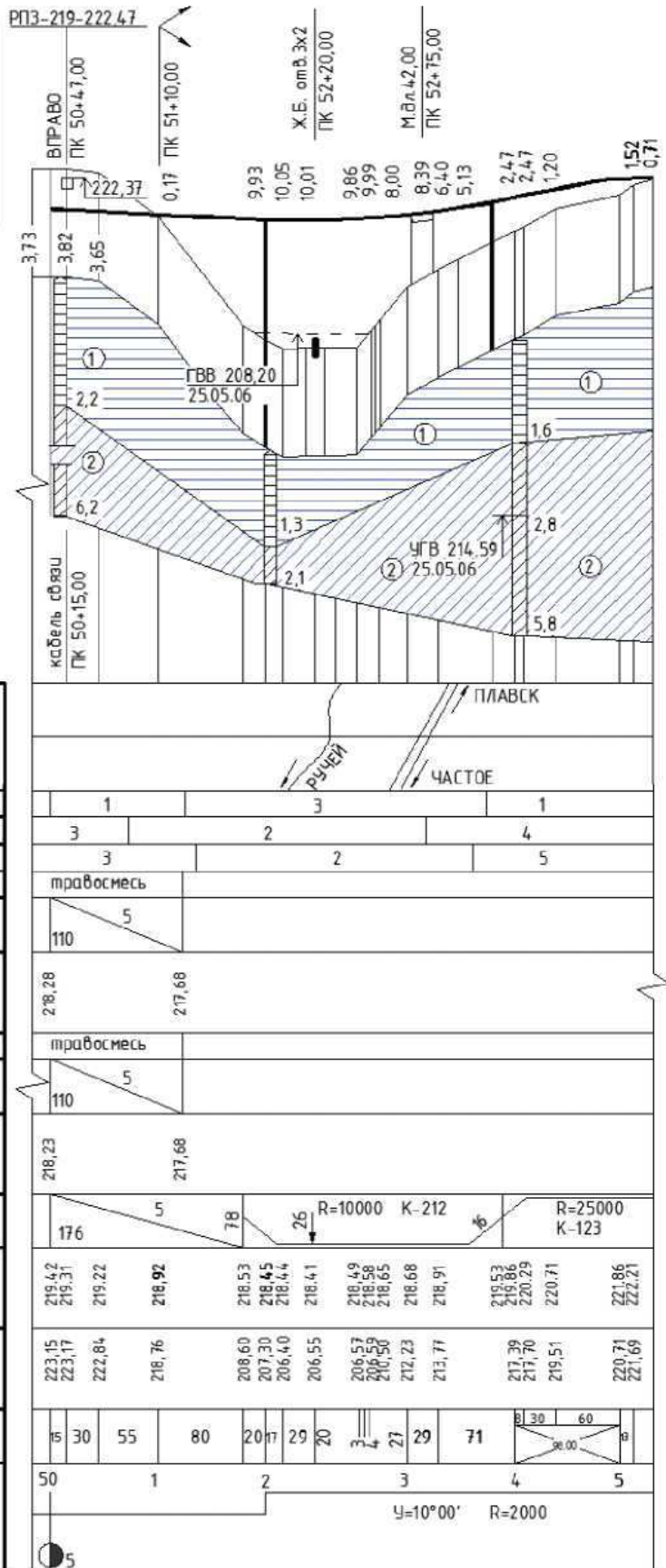


Рисунок 4.4 – Пример оформления продольного профиля

## 4.2 Назначение контрольных и руководящих отметок

Контрольными точками продольного профиля являются пересечения с железными и автомобильными дорогами, водотоками.

При пересечении дорог в разных уровнях контрольная отметка проектной линии:

$$H_{np} = H_q + \Gamma + h_c + 0,2, \quad (4.1)$$

где  $H_q$  – отметка проезжей части по оси пересекаемой автомобильной дороги или головки рельса железной дороги;

$\Gamma$  – габарит автомобильный (5 м) или железнодорожный (5,55 м – для неэлектрифицированных дорог и 6,5 м – для электрифицированных);

$h_c$  – высота пролетного строения путепровода (в курсовом проекте может быть принята 1,2 м).

При пересечении автомобильных дорог в одном уровне контрольная отметка проектной линии равна отметке проезжей части по оси пересекаемой дороги. В случае если пересекаемая дорога имеет более низкую категорию, можно изменить ее высотное положение путем ее переустройства на подходах к пересечению и назначить контрольную отметку на пересечении по условиям проектирования продольного профиля.

На пересечениях (примыканиях) автомобильных дорог в одном уровне предельный уклон дорог должен быть не более – 40‰ на расстоянии видимости поверхности дороги в обе стороны от пересечения.

При пересечении железной дороги в одном уровне контрольную отметку проектной линии принимают равной отметке головки рельса железной дороги. Автомобильная дорога на протяжении не менее 2 м от крайнего рельса должна иметь в продольном профиле уклон, обусловленный отметками рельсов или вертикальную кривую большого радиуса.

Подходы автомобильной дороги к пересечению на протяжении 50 м следует проектировать с продольным уклоном не более 30‰.

### А. Пересечение водотоков

Водотоки бывают постоянные (реки, ручьи), отмеченные на карте синей линией, и периодически действующие, отмеченные на карте синей пунктирной линией. Для установления положения последних с помощью карты местности анализируют все понижения черного профиля. Если на рассматриваемом понижении возможен сток воды в обе стороны, то такое понижение является седловиной и не требует устройства водопропускного сооружения. Над таким понижением на профиле обозначается отвод воды в обе стороны трассы (точка со стрелками вверх и вниз от нее).

Если же по понижению местности к дороге подходит вода, то ее пропускают под дорогой с помощью труб или мостов.

Типовые трубы бывают круглые и прямоугольные одно-, двух- и трехочковые. Отверстия круглых длинномерных труб (внутренний диаметр) 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6 м; прямоугольных (расстояние между боковыми стенками) 2,0; 2,5; 3,0;

4,0 м. Круглые трубы диаметром 0,80 м применяют при длине до 15 м и диаметром 1,0 м – при длине до 30 м.

Трубы устанавливают на суходолах или небольших ручьях. В последнем случае отверстие принимают не менее 1,0 м.

Мосты проектируют на постоянных водотоках. В курсовом проекте длину малых мостов назначают ориентировочно (12, 18, 24, 27, 30 м), отверстия водопропускных сооружений и расчетные уровни воды в зоне сооружений назначают без расчета и вычисляют контрольные отметки  $H_{np}$  у труб и мостов.

У труб контрольная отметка равна:

а) по засыпке над трубой (не менее 0,5 м):

$$H_{np} = H_{ч} + d + t + 0,5 + H_{д.о.} + (0,5 \cdot b + c) \cdot i_n, \quad (4.2)$$

где  $H_{ч}$  – отметка черного профиля;

$d$  – внутренний диаметр круглой или высота прямоугольной трубы;

$t$  – толщина стенки трубы (в курсовом проекте допускается принимать 0,08 м для  $d$  равного 0,8 и 0,1 м – для остальных труб);

$H_{д.о.}$  – толщина дорожной одежды (по расчету);

$b$  – ширина проезжей части дорог II–VI категорий или одного направления дорог I категории (таблица 2.3);

$c$  – ширина укрепленной полосы (на дорогах IV, III, II категорий или остановочной на дорогах категории I-а);

$i_n$  – уклон проезжей части ( $i_n=0,020$  на дорогах V, IV, III и II категории,  $i_n=0,025$  на дорогах I категории);

б) по возвышению бровки обочины над уровнем поверхностных вод (УПВ), равным 0,5 м при безнапорном и 1,0 м при напорном режиме протекания воды в трубе:

$$H_{np} = УПВ + 0,5(1,0) + (0,5 \cdot b + c) \cdot i_n + (a - c) \cdot i_0, \quad (4.3)$$

где  $a, i_0$  – ширина обочины (таблица 2.3) и поперечный уклон обочины ( $i_0=0,040$ ).

В курсовом проекте следует принимать круглые водопропускные трубы, предназначенные для работы в напорном режиме.

### **Б. Руководящие рабочие отметки**

Проектную линию (ось проезжей части) следует стремиться проектировать по обертывающей (в насыпях). Руководящие рабочие отметки  $h_p$  (минимальные высоты насыпи) вычисляют:

а) по обеспечению снегонезаносимости дороги на открытых участках:

$$h_p^1 = h_{CH5\%} + \Delta h + (0,5 \cdot b + c) \cdot i_n + (a - c) \cdot i_0, \quad (4.4)$$

где  $h_{CH5\%}$  – высота снега в данной местности с вероятностью превышения 5% (рекомендуется принимать 0,4-0,5 м в Брестской и Гродненской областях, 0,6 м – в Гомельской и Минской, 0,6-0,7 – в Витебской и Могилевской);

$\Delta h$  – 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 категории I-а; 1,0 м для дорог категорий I-б, I-в; 0,7 м – для II; 0,6 м – для III; 0,5 м – для IV и V категорий;

б) по обеспечению хорошего водного режима земляного полотна на участках 2-го и 3-го типов местности по увлажнению:

$$h_p^2 = H_{min}^2 + H_{д.о.} + (0,5 \cdot b + c) \cdot i_n, \quad (4.5)$$

$$h_p^3 = H_{min}^3 + H_{д.о.} + (0,5 \cdot b + c) \cdot i_n - H_0, \quad (4.6)$$

где  $H_{min}^{2(3)}$  – минимальное возвышение низа дорожной одежды над поверхностью земли с необеспеченным стоком ( $H_{min}^2$ ) или над уровнем грунтовых вод ( $H_{min}^3$ ), принимаемое по таблице 4.2;

$H_{д.о.}$  – толщина дорожной одежды;

$H_0$  – глубина залегания грунтовых вод.

Таблица 4.2 – Минимальное возвышение низа дорожной одежды над поверхностью земли с необеспеченным стоком

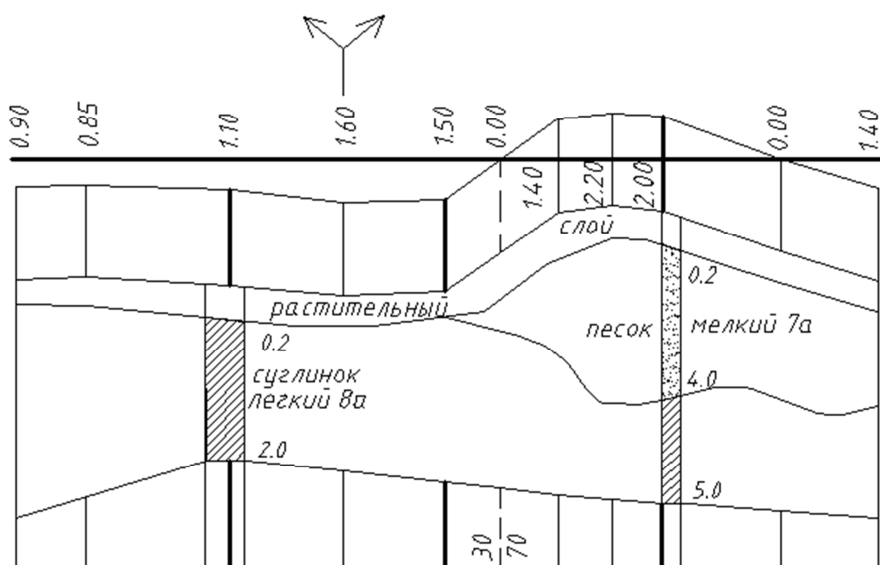
Грунт рабочего слоя	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды для типов местности, м	
	над поверхностью земли (на участках 2 типа местности)	над уровнем грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (на участках 3 типа местности)
Песок средней крупности, мелкий, супесь легкая крупная, супесь легкая	0,5	0,7
Песок пылеватый, суглинок легкий	0,6	1,2
Супесь пылеватая, тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый, тяжелый и тяжелый пылеватый	0,8	1,9

### 4.3 Нанесение геологического профиля

Геологическое строение местности наносят по данным задания ниже линии черного профиля в масштабе 1:50. Вдоль трассы через 200-300 м намечают шурфы глубиной до 2,0 м или скважины (в выемках, у искусственных сооружений). Глубина скважин в выемках должна давать представление о геологическом строении ниже проектной линии на 2,5-3,0 м.

Геологический профиль снизу ограничивается тонкой пунктирной линией. Между ней и верхом графы 1 (таблица 4.1) проводят вертикальные линии, соответствующие пикетам и плюсовым точкам, как и на черном профиле (рис. 4.5).





**Рисунок 4.5 – Деталь геологического профиля**

Шурфы на геологическом профиле обозначают в виде колонки шириной 4 мм, скважины – шириной 2 мм. У колонки снизу обозначают положение слоя грунта, считая от поверхности, глубину шурфа. Указывают номера грунтов по трудности разработки в соответствии с таблицей 4.3.

**Таблица 4.3 – Номера грунтов по трудности разработки**

Вид грунта	Номер	Вид грунта	Номер
Глина мягко- и тугопластичная без примесей	2а	Песок с примесью гравия, гальки до 10%	7б
То же с примесью щебня, гравия до 10%	8б	Песок с примесью гравия, гальки более 10%	7в
То же с примесью щебня, гравия более 10%	8в	Суглинок мягкопластичный без примесей (суглинок легкий)	8а
Глина полутвердая	8г	То же с примесью гравия, щебня до 10% и тугопластичный без примесей (суглинок тяжелый)	8б
Грунт растительного слоя без корней кустарника	3а	Супесь легкая пылеватая	9а
То же с корнями	3б	Торф без древесных корней	10а
Песок без примесей	7а		

#### **4.4 Оформление чертежа «Продольный профиль»**

В курсовом проекте на продольном профиле 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 в соответствии с условными обозначениями этих сооружений. При этом расчетные уровни высокой воды у мостов (РУВВ) и УПВ у труб принимаются те же, что и при расчете контрольных отметок.

Основную надпись (угловой штамп) располагают в правом нижнем углу.

## 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

### 5.1 Критерии расчета дорожной одежды

Расчет дорожных одежд выполняют по трем группам расчетных нагрузок при нормативной статической нагрузке на одиночную ось автомобиля:

- группа А1 – 100 кН (10 тс на одиночную ось);
- группа А2 – 115 кН (11,5 тс на одиночную ось);
- группа А3 – 130 кН (13 тс на одиночную ось).

Расчет нежесткой дорожной одежды заключается в назначении толщины конструктивных слоев, обеспечивающих заданный уровень надежности.

В соответствии с принципами расчета по предельным состояниям дорожные одежды рассчитывают с учетом следующих критериев:

- а) дорожные одежды капитального типа для групп нагрузок А1 и А2:
  - сопротивления упругому прогибу всей конструкции;
  - сдвигоустойчивости неукрепленных материалов дорожной одежды по приложению Д [4] (только для группы нагрузок А1);
  - сопротивления сдвигу в грунтах и в неукрепленных материалах (только для группы нагрузок А2);
  - сопротивления слоев из монолитных материалов усталостному разрушению при растяжении при изгибе;
- б) дорожные одежды капитального типа для группы нагрузок А3:
  - сопротивления упругому прогибу всей конструкции;
  - сопротивления сдвигу в грунтах и неукрепленных материалах;
  - сопротивления слоев из монолитных материалов усталостному разрушению при растяжении при изгибе;
  - сдвигоустойчивости асфальтобетонных слоев дорожной (дополнительный расчет);
  - устойчивости асфальтобетонных слоев к совместному воздействию транспортной нагрузки и природно-климатических факторов (дополнительный расчет).

Дорожную одежду рассчитывают по упругому прогибу, сдвигу в подстилающем грунте и песчаном слое основания, растяжению при изгибе монолитных слоев, на морозоустойчивость и осушение. Конструкция дорожной одежды считается прочной, если коэффициент прочности по упругому прогибу, сдвигу и растяжению при изгибе больше или равен коэффициенту прочности, а коэффициент фильтрации материала и его толщина обеспечивают быстрый отвод воды.

Расчетное значение важности грунтов, а также нормативное значение сопротивления растяжению изгибе асфальтобетона назначают зависимости от температуры окружающей среды точка.

При расчете грунта земляного полотна и слоев из неукрепленных материалов на сопротивление сдвигу модуль упругости асфальтобетонных слоев покрытия принимают при температуре 20 °С (см. приложение А) с учетом коэффициента надежности дорожной одежды.

Уровень надежности и коэффициент прочности дорожной одежды следует принимать в соответствии с таблицей 5.1 – 5.4.

Таблица 5.1 – Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд, предназначенных для движения группы нагрузок А3

Дорожная одежда капитального типа		Значения коэффициентов для категории автомобильных дорог, предназначенных для движения группы нагрузок А3						
		I		II		III, IV		
Заданный коэффициент надежности $K_H$		0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,95	0,90
Требуемый коэффициент прочности $K_{np}$ по критерию	упругого прогиба	1,40	1,20	1,28	1,10	1,18	1,05	1,00
	сдвигоустойчивости неукрепленных слоев	1,25	1,15	1,20	1,10	1,15	1,05	1,00
	усталостного разрушения монолитных слоев при растяжении при изгибе	1,20	1,15	1,10	1,03	1,05	1,00	0,95
	сдвигоустойчивости асфальтобетонных слоев дорожной одежды	1,30	1,25	1,30	1,25	1,20	1,15	1,10
	устойчивости асфальтобетонных слоев к совместному воздействию транспортной нагрузки и природно-климатических факторов	1,30	1,25	1,30	1,25	1,20	1,15	1,10

Таблица 5.2 – Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд, предназначенных для движения групп нагрузок А1 и А2

Дорожная одежда капитального типа		Значения коэффициентов для категории автомобильных дорог, предназначенных для движения групп нагрузок А1 и А2									
		I		II		III			IV		
Заданный коэффициент надежности $K_H$		0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,95	0,90	0,95	0,90	0,85
Требуемый коэффициент прочности $K_{np}$ по критерию	упругого прогиба	1,25	1,15	1,20	1,10	1,20	1,10	1,00	1,05	0,95	0,85
	сдвигоустойчивости 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 5.3 – Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд, предназначенных для движения группы нагрузок А1

Дорожная одежда облегченного типа		Значения коэффициентов для категории автомобильных дорог, предназначенных для движения группы нагрузок А1							
		III		IV			V		
Заданный коэффициент надежности $K_n$		0,95	0,90	0,90	0,85	0,80	0,80	0,75	0,70
Требуемый коэффициент прочности $K_{np}^{TP}$ по критерию	упругого прогиба	1,17	1,10	1,06	1,02	1,00	0,98	0,94	0,90
	сдвигоустойчивости 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 5.4 – Значения минимальных коэффициентов прочности дорожных одежд, предназначенных для движения группы нагрузок А1

Дорожная одежда переходного и низшего типов		Значения коэффициентов для категории автомобильных дорог, предназначенных для движения группы нагрузок А1					
		IV			V, VI		
Заданный коэффициент надежности $K_n$		0,85	0,80	0,75	0,80	0,75	0,70
Требуемый коэффициент прочности $K_{np}^{TP}$ 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

Основанием для выбора срока службы дорожной одежды является задание заказчика и технико-экономическое обоснование в зависимости от категории автомобильные дороги, типа дорожной одежды, вида покрытия и коэффициента надежности дорожной одежды. Рекомендуемые расчетные сроки службы дорожной одежды приведены в таблице 5.5.

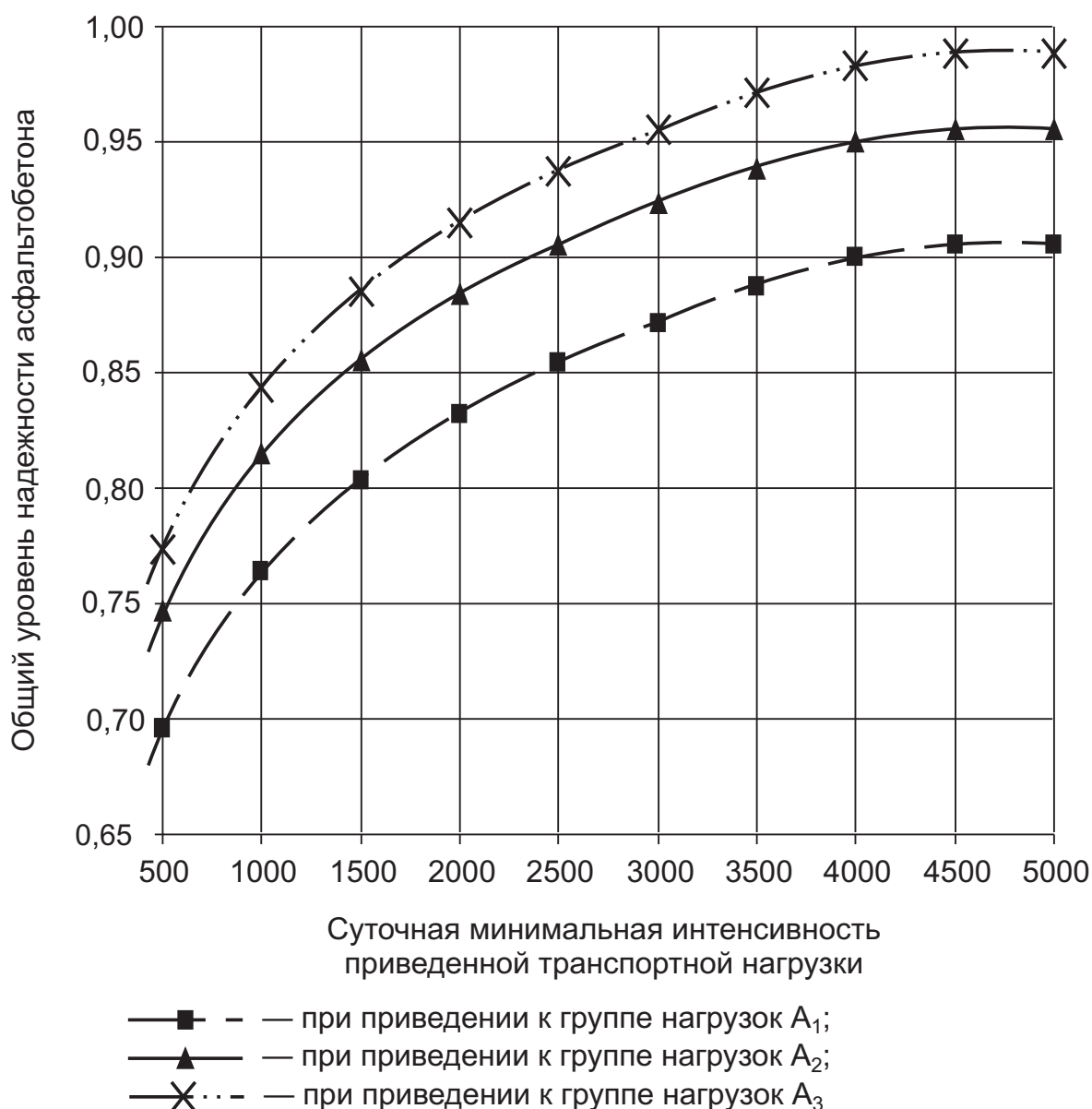
Таблица 5.5 – Рекомендуемый расчетный срок службы дорожной одежды

Категория автомобильной дороги	Тип дорожной одежды	Коэффициент надежности $K_n$						
		0,98	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
		Срок службы $T_{сл}$ , 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

Срок службы верхнего слоя асфальтобетонного покрытия может быть меньше расчетного срока службы дорожной одежды. Допускается несколько полных замен верхнего слоя асфальтобетонного покрытия между капитальными ремонтами дорожной одежды.

Для дорог магистральной и республиканской сети заказчик или проектная организация по согласованию с заказчиком могут установить требования к общему уровню надежности асфальтобетона верхнего слоя покрытия. Общий уровень надежности асфальтобетона используют при подборе состава асфальтобетона верхнего слоя покрытия.

Рекомендуемые минимальные значения общего уровня надежности асфальтобетона принимают по графикам, приведенным на рисунке 5.1.



**Рисунок 5.1 – Зависимость общего уровня надежности асфальтобетона от суточной интенсивности приведенной нагрузки на последний год службы дорожной одежды**

Вид вяжущего для приготовления асфальтобетонных смесей рекомендуется принимать в зависимости от группы нагрузок и коэффициента надежности дорожной одежды по таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Рекомендуемые марки органического вяжущего

Категория автомобильной дороги	Проектный коэффициент надежности дорожной одежды $K_n$	Группа нагрузок	Марка вяжущего	
			Асфальтобетон верхнего слоя покрытия	Асфальтобетон несущего слоя покрытия
Ia-Iв	0,95–0,98	A1	БНД 90/130	БНД 90/130
		A2	БНД 90/130 БНД 60/90 Модифицированный битум или резинобитумное вяжущее	БНД 90/130 БНД 60/90
		A3	Модифицированный битум или резинобитумное вяжущее	Модифицированный битум или резинобитумное вяжущее
II	0,95–0,98	A1	БНД 90/130	БНД 90/130
		A2	БНД 90/130 БНД 60/90 Модифицированный битум или резинобитумное вяжущее	БНД 90/130 БНД 60/90
		A3	Модифицированный битум или резинобитумное вяжущее	БНД 60/90 Модифицированный битум или резинобитумное вяжущее
III	0,90–0,98	A1	БНД 90/130	БНД 90/130
		A2	БНД 90/130 БНД 60/90	БНД 90/130
		A3	Модифицированный битум или резинобитумное вяжущее	БНД 60/90 Модифицированный битум или резинобитумное вяжущее
IV	0,75–0,85	A1	БНД 90/130	БНД 90/130
		A2	БНД 90/130	БНД 90/130
V	0,70–0,80	A1	БНД 90/130	БНД 90/130»

## 5.2 Определение расчетных нагрузок и интенсивности движения автомобилей

При выборе материалов для устройства слоев дорожной одежды необходимо учитывать следующие положения:

– покрытие и верхние слои основания должны соответствовать проектным нагрузкам и быть водо- и морозостойкими;

– вид, марку и тип асфальтобетона для покрытия назначают в соответствии с ТКП 45-3.03-19 и СТБ 1033;

– при перспективной интенсивности движения в физических единицах до 2 000 авт./сут. или менее 110 000 накопленных осей за расчетный срок службы и при стадийном строительстве допускается устройство покрытия из пористого асфальтобетона с устройством поверхностной обработки или из высокопористого асфальтобетона с устройством двойной поверхностной обработки. Расчет дорожной одежды производят на расчетный период до капитального ремонта, который принимается в соответствии с таблицей 5.5.

Срок службы верхнего слоя асфальтобетонного покрытия может быть меньше расчетного срока службы дорожной одежды. Допускается несколько полных замен верхнего слоя асфальтобетонного покрытия между капитальными ремонтами дорожной одежды.

При проектировании дорожных одежд следует учитывать опыт эксплуатации конструкций в условиях Республики Беларусь.

В соответствии с таблицей 5.7 производят выбор типа дорожных одежд и материала покрытия в зависимости от категории дороги.

Таблица 5.7 – Тип дорожных одежд и материала покрытия в зависимости от категории дороги

Тип дорожной одежды	Вид покрытия, материал и способ укладки	Категория дороги
Капитальный	Асфальтобетон щебеночно-мастичный; асфальтобетон из плотных смесей марки I, укладываемых в горячем и теплом состоянии	I-а, I-б, I-в, II
	Асфальтобетон из плотных смесей марки II, укладываемых в горячем и теплом состоянии	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 I11, 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, устроенное 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 ед./сут и на местных дорогах; дорожную одежду переходного типа допускается устраивать при расчетной интенсивности движения менее 500 ед./сут.

Расчетная интенсивность движения автомобилей с грузоподъемностью более 5т в обоих направлениях на дороге определяется по формуле:

$$N_t = N_0 \cdot (1 + 0,01 \cdot p)^{t-1}, \text{ авт./сут.}, \quad (5.1)$$

где  $N_0$  – интенсивность движения в первый год службы дороги, авт./сут.;

$p$  – коэффициент среднегодового прироста интенсивности движения;

$t$  – число лет службы дороги до капитального ремонта (таблица 5.5).

Перспективная интенсивность движения в обоих направлениях, приведена к расчетному автомобилю, на одну полосу проезжей части в сутки:

$$N_p = f_{\text{пол}} \cdot N \cdot \sum_{m=1}^n S_m \cdot P_m, \text{ авт./сут.}, \quad (5.2)$$

где  $f_{пол}$  – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по нем (таблица 5.8);

$N$  – суммарная интенсивность движения в обоих направлениях, авт./сут.;

$n$  – количество типов автомобилей;

$S_m$  – коэффициент приведения автомобиля к расчетному;

$P_m$  – доля  $m$ -го типа автомобиля в транспортном потоке.

Коэффициенты  $S_m$  в зависимости от расчетной нагрузки приведены в приложении В.

Таблица 5.8 – Значение коэффициента  $f_{пол}$ , учитывающего число полос движения и распределение движения по ним

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

Число накопленных осей за расчетный срок службы  $\sum N_p$ , шт., определяют по формуле:

$$\sum N_p = 0,7 \cdot N_p \cdot \frac{K_c}{q^{(T_{сл}-1)}} \cdot T_{ргд} \cdot K_{п}, \text{ шт.}, \quad (5.3)$$

где  $K_c$  – коэффициент суммирования, определяемый по формуле (5.4) или по таблице 5.9:

$$K_c = \frac{q^{(T_{сл}-1)}}{q-1}, \quad (5.4)$$

где  $T_{сл}$  – расчетный срок службы дорожной одежды, принимаемый по таблице 5.5;

$q$  – показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам;

$K_{п}$  – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого, принимаемый по таблице 5.10;

$T_{ргд}$  – количество расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости дорожной конструкции (определяется по таблице 5.11).

Таблица 5.9 – Значения  $K_c$  при  $T_{сл}$  Показатель изменения

Показатель изменения интенсивности движения по годам $q$	Значения $K_c$ при $T_{сл}$ , лет			
	8	10	15	19
0,90	5,7	6,5	7,9	8,8
0,92	6,1	7,1	8,9	10,1
0,94	6,5	7,7	10,0	11,8
0,96	7,0	8,4	11,4	13,9
0,98	7,5	9,1	13,1	16,6
1,00	8,0	10,0	15,0	20,0
1,02	8,6	10,9	17,2	24,4
1,04	9,2	12,0	20,0	29,8
1,06	9,9	13,2	23,2	36,0
1,08	10,6	14,5	27,2	45,8
1,10	11,4	15,9	31,7	67,3



Таблица 5.10 – Значение коэффициента  $K_{\Pi}$ , учитывающего вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого

Тип дорожной одежды	Категориях дорог				
	I	II	III	IV	V, VI
Капитальный	1,49	1,49	1,38	1,31	–
Облегченный	–	1,47	1,32	1,26	1,06
Переходный, низший	–	–	1,19	1,16	1,04

Таблица 5.11 – Значение  $T_{рдг}$  в зависимости от расположения дороги

Дорожно-климатический район	$T_{рдг}$ при расчете на прочность дорожной одежды, сут.
Северный, влажный	125
Центральный	130
Южный, неустойчиво-влажный	135

### 5.3 Определение требуемого модуля упругости

Каждый слой дорожной одежды характеризуется модулем упругости, соответствующим материалу, из которого он устроен. Прочность многослойной дорожной одежды характеризует общий модуль упругости  $E_{общ}$ , который равен требуемому модулю упругости, зависящему от степени капитальности (надежности) дорожной одежды и суточной интенсивности движения расчетных автомобилей за расчетный период.

Значение требуемого модуля упругости дорожной конструкции  $E_{тр}$  с учетом категории дороги, типа дорожной одежды и интенсивности воздействия группы нагрузок, МПа, при  $\sum N_p > 4 \cdot 10^4$ , шт., вычисляют по формуле:

$$E_{тр} = 98,65 \cdot [\lg(\sum N_p) - c], \text{ МПа}, \quad (5.5)$$

где  $N_p$  – число накопленных осей за счет на срок службы дорожной одежды, определяемый по формуле (5.3);

$c$  – коэффициент, равный: для групп нагрузок:  $A_1 - 3,55$ ;  $A_2 - 3,23$ ;  $A_3 - 3,05$ .

Независимо от результата расчета по формуле требуемый модуль упругости дорожной конструкции  $E_{тр}$  должен быть не менее указанного в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Требуемый модуль упругости дорожной одежды  $E_{тр}$

Категория автомобильной дороги	Тип дорожной одежды				
	капитальный при группе нагрузок			облегченный	переходный и низший
	$A_1$	$A_2$	$A_3$		
I	230	270	310	–	–
II	220	250	280	–	–
III	200	230	260	180	–
IV	180	200	220	150	100
V	–	–	–	110	90
VI	–	–	–	–	70

### 5.4 Определение расчетной влажности грунта

Основными параметрами механических свойств грунта земляного полотна являются деформационные и прочностные характеристики: модуль упругости  $E_{тр}$ , коэффициент Пуассона  $\mu_{тр}$ , угол внутреннего трения  $\varphi_{тр}$ , удельное сцепление  $c_{тр}$ .

Расчетное значение влажности грунта:

$$W_p = W_{\text{табл}}(0 + 0,1t), \quad (5.6)$$

где  $W_{\text{табл}}$  – 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 (таблица 5.13);

$t$  – коэффициент нормативного отклонения, принимаемый по таблице 5.14 в зависимости от требуемого уровня надежности.

Таблица 5.13 – Среднее значение влажности грунта  $W_{\text{таб}}$

Дорожно-климатический район	Схема увлажнения рабочего слоя земляного полотна	Тип грунта			
		Супесь легкая	Песок пылеватый	Суглинок легкий	Супесь пылеватая и суглинок пылеватый
1	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
2	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
3	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 5.14 – Определение коэффициента нормированного отклонения  $t$

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

### 5.5 Расчет прочности дорожной одежды по упругому прогибу

Расчет на упругий прогиб заключается в проверке условия прочности:

$$K_{\text{пр}}^{\text{тр}} \leq \frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{тр}}}, \quad (5.7)$$

где  $E_{\text{общ}}$  – общий расчетный модуль упругости покрытия дорожной одежды, МПа;  
 $E_{\text{тр}}$  – требуемый модуль упругости дорожной одежды, МПа.

Расчет прочности дорожной одежды производится с помощью номограммы (рисунок 5.2), составленной на основе теории упругости для двухслойного полупространства. Каждый слой дорожной одежды рассматривается как верхний слой со своим модулем упругости  $E_B$ , а вся конструкция, лежащая ниже, – как нижний слой с модулем упругости  $E_H$  (соответственно для каждого слоя). Схема к расчету дорожной одежды по номограмме приведена в правом верхнем углу на рисунке 5.2.

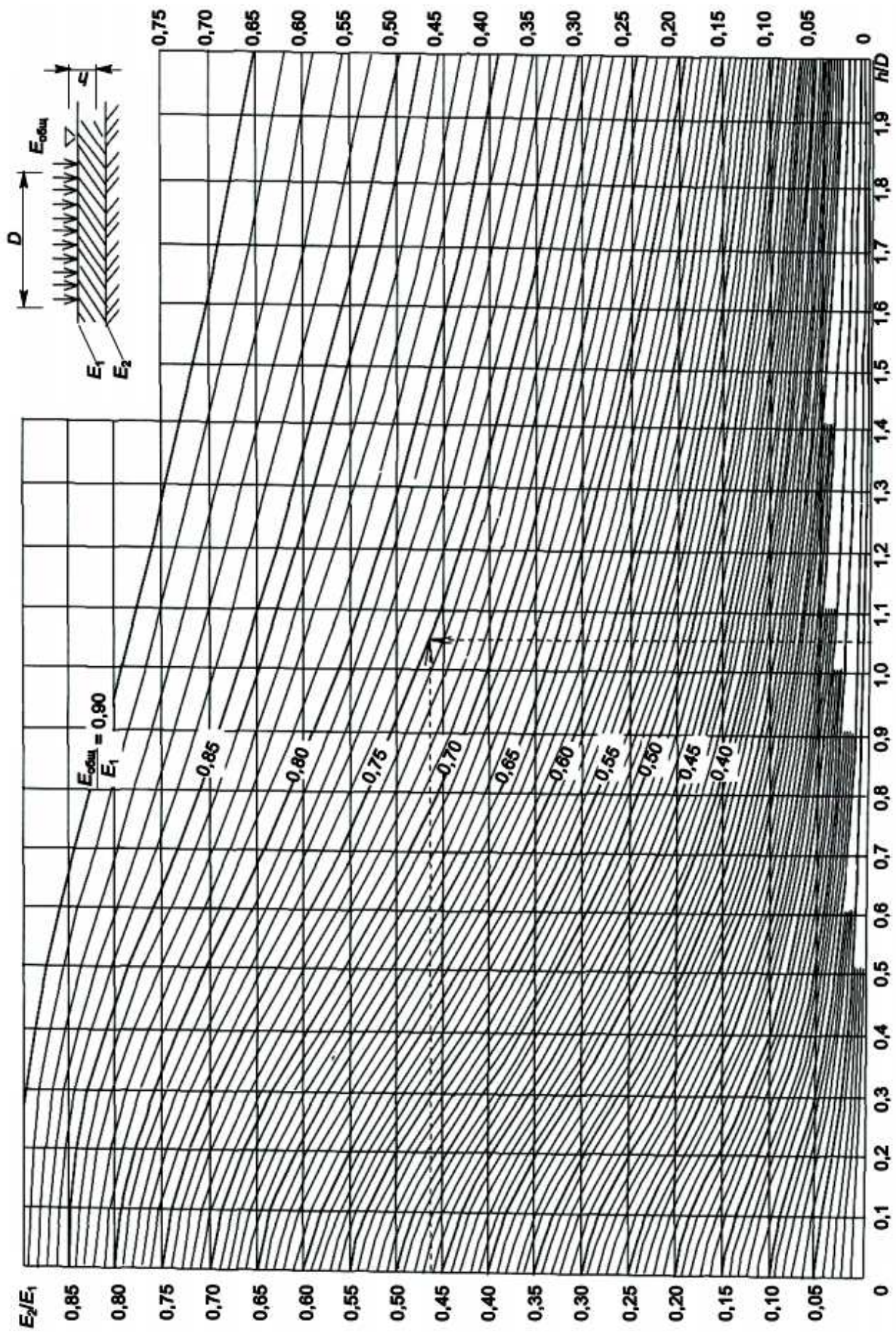


Рисунок 5.2 – Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы  $E_{общ}$ , Мпа

Номограмма связывает модуль упругости верхнего ( $E_B$ ) и нижнего ( $E_H$ ) слоёв, относительную толщину и общий модуль упругости на поверхности двухслойной системы. Для определения по номограмме проводится вертикаль, соответствующая значению  $h/D$  и горизонталь из точки, соответствующей  $E_2/E_1$ . Точка пересечения этих прямых дает значение  $E_{общ}/E_1$ . Зная  $E_1$ , можно вычислить  $E_{общ}$ .

Расчетные значения модулей упругости материалов и грунтов следует назначать в соответствии с приложением А и Б.

Расчет дорожной одежды по упругому прогибу производится в следующем порядке:

- определяется минимальное значение коэффициента прочности  $k_{пр}$ ;
- принимается требуемый модуль упругости  $E_{тр}$  в зависимости от типа дорожной одежды;
- ориентировочно назначается толщина верхних слоев дорожной одежды;
- определяются модули упругости материалов дорожной одежды и грунта по приложению А и Б;
- по номограмме, выполняя расчёт сверху вниз, находится модуль упругости основания;
- если основание однослойное, то определяется его толщина по номограмме (рисунок 5.2), если же оснований из нескольких слоев, то предварительно нужно назначить толщину слоев основания, а затем послойно снизу вверх по номограмме найти модуль упругости на поверхности дополнительного слоя, после чего аналогично изложенному определить толщину остальной части основания;
- можно вести расчёт снизу вверх с последовательным определением модулей упругости на поверхности конструктивных слоев.

Общую толщину верхних слоев дорожной одежды (в том числе укрепленного основания) из материалов, содержащих органическое вяжущее, ориентировочно назначают в зависимости от требуемого модуля упругости по таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Значения толщин слоев, содержащих органические вяжущие

Требуемый модуль упругости $E_{упр}$ , МПа	До 125 вкл.	Св. 125 до 180 вкл.	Св. 180 до 220 вкл.	Св. 220 до 250 вкл.	Св. 250
Толщина слоев, м	0,04-0,06	0,07-0,12	0,13-0,18	0,19-0,24	Св. 0,25

*Минимальная толщина конструктивных слоев дорожных одежд приведена в приложении Б (таблица Б7).*

Пример расчета приведен в пункте 5.10.

## 5.6 Расчет на сдвигоустойчивость грунтов земляного полотна

### и неукрепленных материалов конструктивных слоев дорожных одежд

При действии расчетной нагрузки в слоях дорожной одежды, обладающей большей связностью, не должно возникать явление сдвига, приводящего к деформации дорожных одежд. Дорожная одежда проектируется с таким расчетом, чтобы под действием кратковременных и длительных нагрузок в подстилающем грунте или малосвязанных (песчаных) слоях за весь срок службы не накапливались недопустимые остаточные деформации формоизменения. Недопустимые деформации сдвига в конструкции не будут накапливаться, если в грунте земляного полотна и в малосвязанных (песчаных) в слоях обеспечено условие:

$$K_{\text{пр}}^{\text{тр}} \leq \frac{T_{\text{пр}}}{T_a}, \quad (5.8)$$

где  $K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$  – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды, принимаемый по таблицам 5.1–5.4;

$T_{\text{пр}}$  – предельная величина активного напряжения сдвига в расчетной (наиболее опасной) точке конструкции (находится по формуле 5.11);

$T_a$  – расчётное активное напряжение сдвига (часть сдвигающего напряжения, не погашенного внутренним трением) в расчетной (наиболее опасной) точке конструкции от действующего временного нагружения, МПа, (определяется по формуле 5.10).

В практических расчетах многослойную дорожную конструкцию приводят к двухслойной расчетной модели.

При расчете дорожной конструкции на сдвигоустойчивость грунта земляного полотна в качестве нижнего полубесконечного слоя модели принимается грунт (с его характеристиками), а в качестве верхнего – вся дорожная одежда. Толщину верхнего слоя принимают равной сумме толщин слоев одежды.

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляется как средневзвешенный по формуле:

$$E_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}, \text{ МПа}, \quad (5.9)$$

где  $E_i$  – модуль упругости слоев, МПа (приложение А);

$h_i$  – толщина слоя, см.

Расчётное активное напряжение сдвига  $T_a$ , МПа, возникающее в грунте или в укрепленных материалах, находится по формуле:

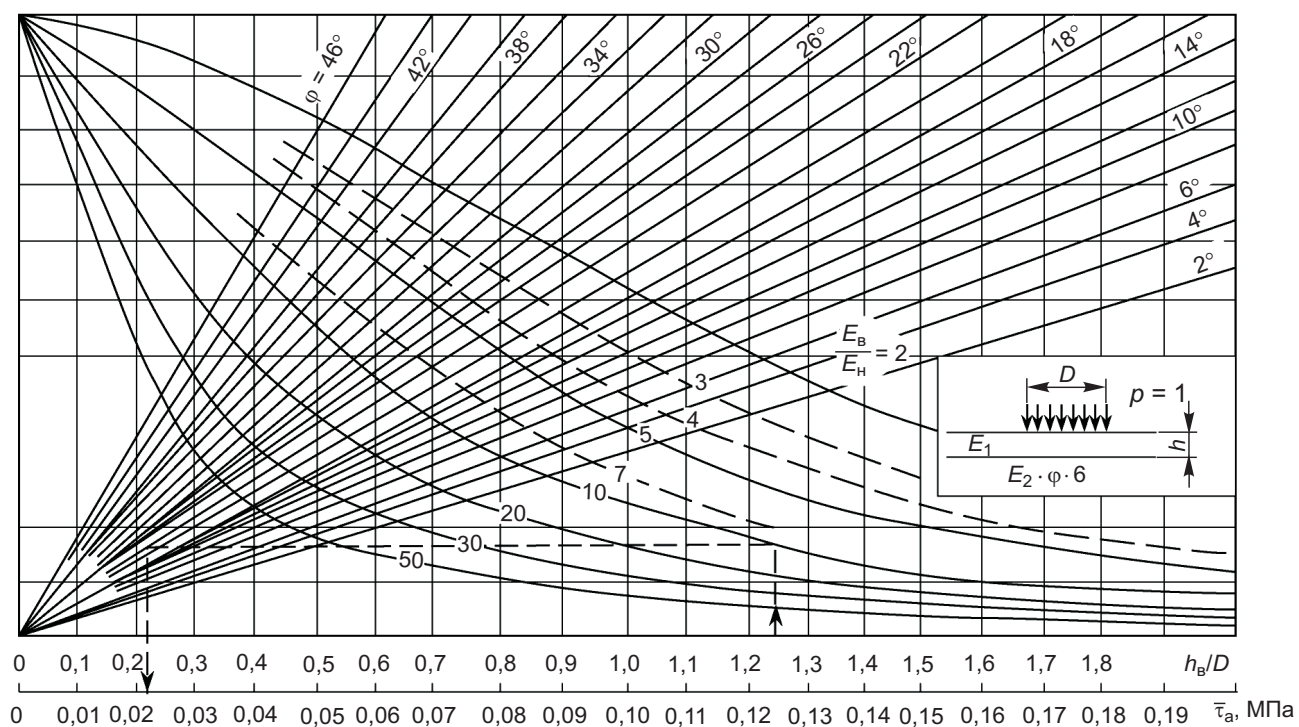
$$T_a = \bar{\tau}_a \cdot p + \tau_b, \text{ МПа}, \quad (5.10)$$

где  $\bar{\tau}_a$  – активное напряжение сдвига от действия единичного нагружения МПа, определяемое по номограммам, изображенным на рисунках 5.3 и 5.4;

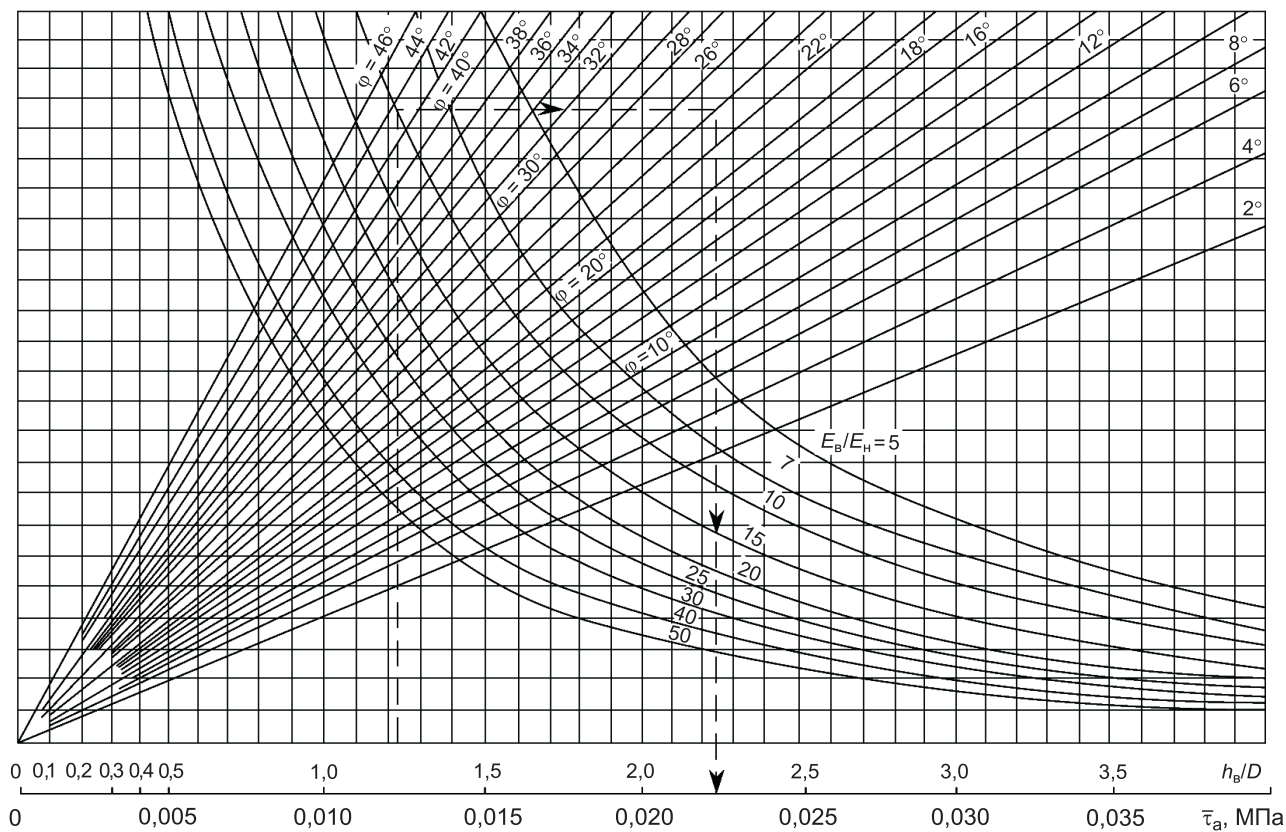
$\tau_b$  – активное напряжение сдвига от собственного веса дорожной одежды, МПа, определяемое по номограмме, изображенной на рисунке 5.5.

При расчете на сдвигоустойчивость песчаного слоя основания с помощью номограмм (рисунки 5.3 и 5.4) нижнему слою двухслойной модели условно присваивают разные значения характеристик песчаного слоя ( $c_n$ ,  $\phi_n$ ), а модуль упругости принимают равным общему модулю на поверхности песчаного слоя, определённого в разделе 5.5. Толщина верхнего слоя модели принимается рав-

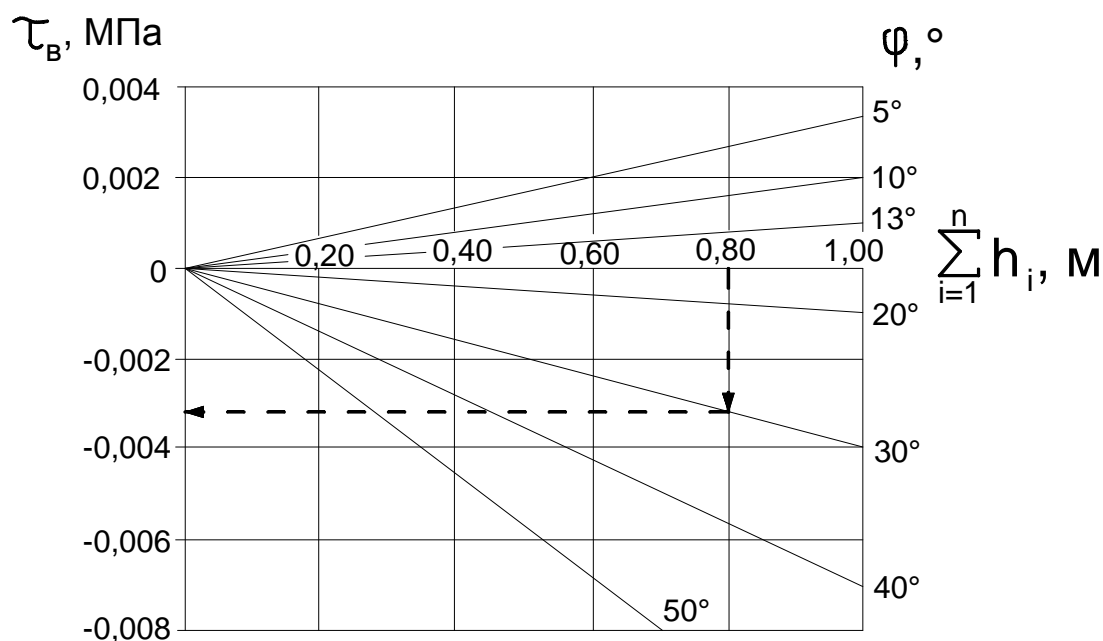
ной общей толщине слоев лежащих над песчаным, а модуль упругости вычисляется как среднее значение для этих слоев по формуле (5.10).



**Рисунок 5.3 – Номограмма для определения активного напряжения сдвига от единичного нагружения в нижнем слое двухслойной системы (при  $h_B/D = 0-2,0$ )**



**Рисунок 5.4 – Номограмма для определения активного напряжения сдвига  $\bar{\tau}_B$  от единичного нагружения в нижнем слое двухслойной системы (при  $h_B/D = 2,0-4,0$ )**



**Рисунок 5.5 – Номограмма для определения активного напряжения сдвига от собственного веса дорожной одежды  $\tau_b$**

Предельное активное напряжение сдвига  $T_{пр}$ , МПа, возникающее в грунте рабочего слоя (или в дополнительном слое основания), определяют по формуле:

$$T_{пр} = C \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ МПа}, \quad (5.11)$$

где  $T_{пр}$  – сцепление в грунте земляного полотна (или в песчаном слое), МПа;

$K_1$  – коэффициент учета особенности работы рассчитываемого слоя (грунта) на границе с вышележащим слоем дорожной одежды, принимаемый по таблице 5.16;

$K_2$  – коэффициент запаса на неоднородность условия работы дорожной одежды, определенный по графику, представленному на рисунке 5.6.

**Таблица 5.16 – Значение коэффициента  $K_1$**

Материал вышележащего слоя	Коэффициент $K_1$
Укрепленный материал по таблице Б.4	7,0
	5,5
Материал по таблице Б.5, армированный геосеткой	6,5
	5,0
Материал по таблице Б.5, без армирования, песок крупный	6,0
	4,5
Песок средней крупности	5,0
	4,0
Песок мелкий	4,0
	3,0
Песок пылеватый, супеси легкие пылеватые	3,0
	1,5

*Примечание*-В числителе приведены значения для случая расчета «дополнительный слой основания – несущий слой основания», в знаменателе – для случая расчета «грунт земляного полотна – основание дорожной одежды».

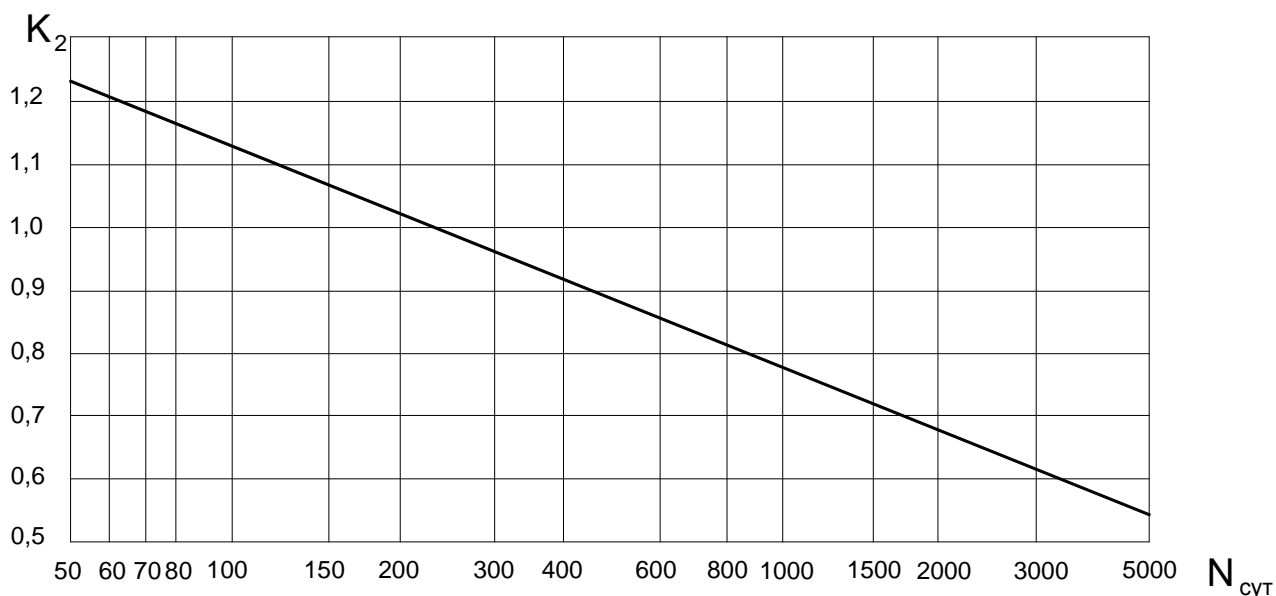
При расчёте на длительное действие нагружении принимают  $K_2 = 1,23$ , а величину  $N_{сут}$  определяют по формуле:

$$N_{\text{сут}} = \frac{\sum N_p}{T_{\text{ргд}} \cdot T_{\text{сл}}}, \frac{\text{шт}}{\text{сут}}, \quad (5.12)$$

где  $\sum N_p$  – число накопленных осей за расчетный срок службы (определяется по формуле 5.3), шт.;

$T_{\text{ргд}}$  – количество расчетных дней в году дней в году (см. таблица 5.11), сут.;

$T_{\text{сл}}$  – расчетный срок службы, лет (см. таблицу 5.5).



**Рисунок 5.6 – Зависимость коэффициента  $K_2$  от количества расчетных нагрузок за сутки  $N_{\text{сут}}$**

Расчет дорожной одежды на сдвигоустойчивость в грунте земляного полотна, а также в песчаных материалах промежуточных слоев дорожной одежды осуществляется в следующем порядке.

1. В соответствии с приложением Б назначают расчетные модули упругости для слоев из асфальтобетона, соответствующие максимально возможным температурам в ранний весенний (расчётный) период. Расчетные прочностные характеристики  $c$  и  $\phi$  грунта земляного полотна и песка промежуточного слоя одежды (если таковой имеется) принимают с учетом суммарного воздействия нагрузки за межремонтный срок  $\sum N_p$  (приложение А).

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке поверхности конструкции определяют по формуле 5.3.

Основные расчетные характеристики грунта и материалов те же, что и в расчете по упругому прогибу.

2. По номограмме 5.4 определяют активное напряжение сдвига  $\tau_n$  от единичной временной нагрузки, для чего многослойную конструкцию приводят к двухслойной модели.

3. По формуле (5.10) вычисляют расчетное напряжение сдвига в грунте земляного полотна или в песчаном слое основания дорожной одежды с учетом  $\tau_b$ .

4. По выражению (5.11) просчитывают допускаемое напряжение сдвига.

5. По формуле (5.8) проверяют выполнение условия прочности (с учетом требуемой надежности).



6. Если не выполняется условие, то изменяет толщину конструктивных слоев, подбирают конструкцию, удовлетворяющую условию прочности.

Пример расчета дан в пункте 5.10.

### 5.7 Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Под действием кратковременных повторяемых нагрузок дорожная одежда прогибается, что может вызвать нарушение структуры материала и привести к образованию трещин, а в слоях из монолитных материалов (асфальтобетона, материалов и грунтов, укрепленных комплексными и неорганическими вяжущими) возникают напряжения, вызывающие растяжение.

В монолитных слоях дорожной одежды напряжения, возникающие при прогибе дорожной одежды под действием кратковременных повторных нагружений, не должны вызывать нарушений структуры материала и приводить к образованию трещин. Для этого должно выполняться условие:

$$K_{\text{пр}}^{\text{ТР}} \leq R_{\text{доп}} / \sigma_r, \quad (5.13)$$

где  $K_{\text{пр}}^{\text{ТР}}$  – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды с учетом заданного коэффициента надежности, принимаемый по таблицам 5.1–5.4;

$R_{\text{доп}}$  – предельно допустимое напряжение изгиба материала слоя с учетом усталости, МПа;

$\sigma_r$  – полное растягивающее напряжение при изгибе, определяемое расчетом МПа.

Полное растягивающее напряжение при изгибе  $\sigma_r$  в монолитном слое вычисляют с помощью номограмм (рисунок 5.7 и 5.8).

Наибольшее растягивающее напряжение при изгибе  $\sigma_r$  в монолитном слое определяется с помощью номограмм (рисунки 5.7 и 5.8).

Монолитные слои дорожной одежды могут располагаться как в верхней части дорожной одежды (асфальтобетонные покрытия, асфальтобетонные основания, расположенные под асфальтобетонным покрытием), так и в толще дорожной одежды (различного рода монолитные основания).

Покрытия из асфальтобетона и дегтебетона рассчитывают на растяжение при изгибе с помощью номограммы, приведенной на рисунке 5.7, которая связывает относительную толщину покрытия  $h/D$  и отношение модуля упругости материала покрытия к общему модулю на поверхности основания  $E_1/E_{\text{общ}}$ .

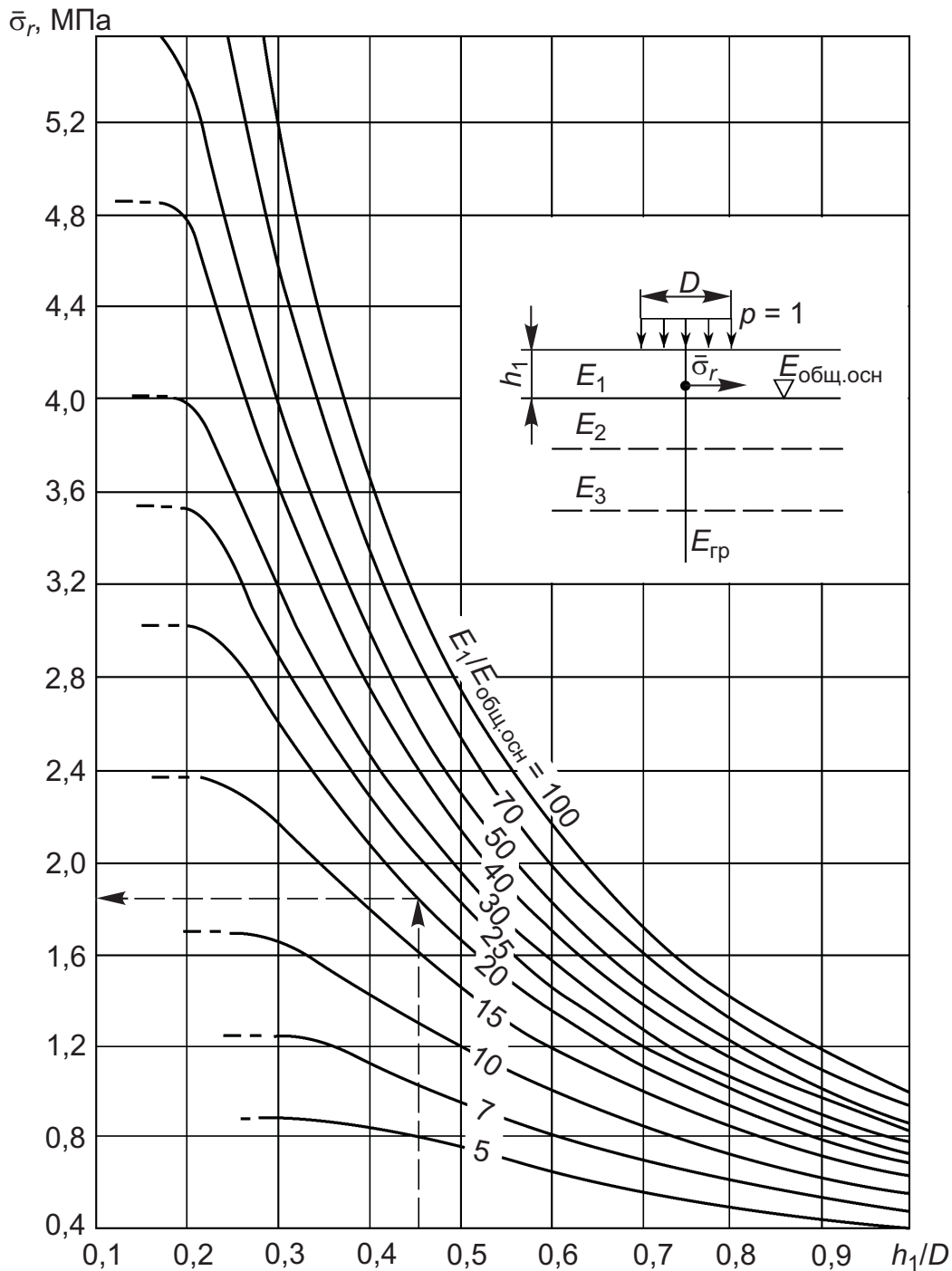
При расчете на изгиб слоев асфальтобетонного основания все слои принимают за один эквивалентный слой. Модуль упругости эквивалентного слоя определяют по формуле:

$$E_{\text{ср}} = \frac{\sum_1^n E_i \cdot h_i}{\sum_1^n h_i}, \quad (5.14)$$

где  $n$  – число слоев дорожной одежды;

$E_i$  – модуль упругости  $i$ -го слоя, МПа;

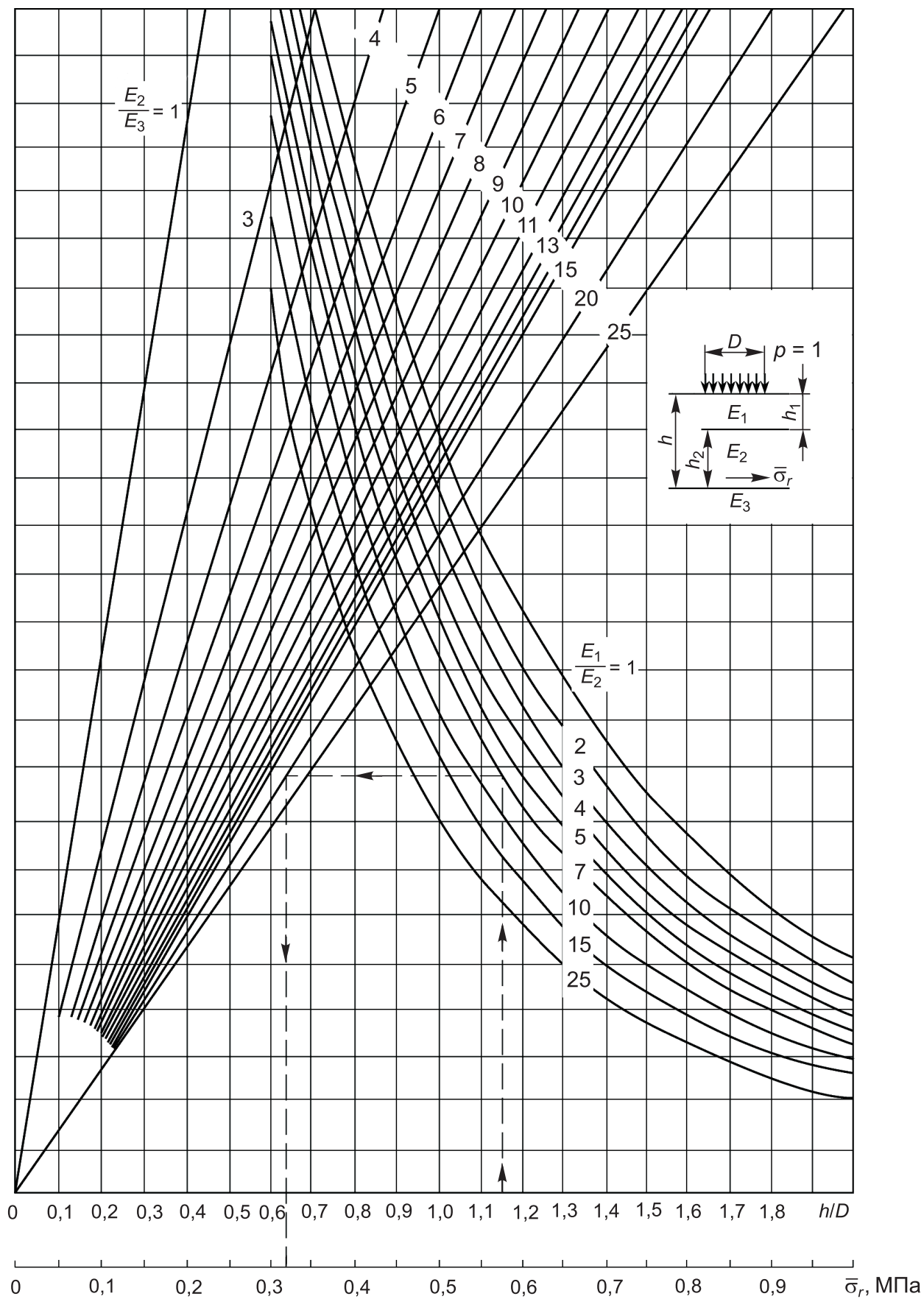
$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя, см.



**Рисунок 5.7 – Номограмма для определения растягивающего напряжения  $\bar{\sigma}_r$  при изгибе от одиночного нагружения в верхнем монолитном слое дорожной одежды**

Промежуточные монолитные слои дорожной одежды рассчитывают по номограмме, приведенной на рисунке 5.8.

При этом многослойная конструкция приводится к трехслойной, где средним является монолитный слой. Номограмма связывает относительную толщину двух верхних слоев трехслойной системы  $(h_1 + h_2)/D$  и растягивающие напряжения  $\bar{\sigma}_r$  от растягивающего напряжения в нижней точке слоя, который рассчитывается, под центром нагруженной площади (где эти напряжения достигают максимального значения) при разных соотношениях модулей упругости слоев  $E_1/E_2$  (кривые на номограмме) и  $E_2/E_3$ .



**Рисунок 5.8 – Номограмма для определения растягивающего напряжения  $\bar{\sigma}_r$  в промежуточном монолитном слое дорожной одежды**

Предельно допустимые растягивающие напряжения при изгибе асфальтобетона  $R_{\text{доп}}$  определяют по формуле:

$$R_{\text{доп}} = R_{\text{и}} \cdot (1 - 0,1 \cdot t) \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{кн}}, \text{ МПа}, \quad (5.15)$$

где  $R_{\text{и}}$  – прочность асфальтобетона на растяжение при изгибе с учетом повторности действия напряжений, принимаемая согласно приложению Б, МПа;

$t$  – коэффициент нормированного отклонения, принимаемый по таблице 5.16;

$K_{\text{м}}$  – коэффициент учета снижения прочности асфальтобетона во времени от действия природно-климатических факторов, принимаемый по таблице 5.17;

$K_{\text{т}}$  – коэффициент учета снижения прочности асфальтобетона в конструкции в результате температурных воздействий, принимаемый по таблице 5.18;

$K_{\text{кн}}$  – коэффициент учета кратковременности и повторности нагружения на дорогу, определяемый по формуле:

$$K_{\text{кн}} = \alpha \cdot \sum N_p^{-(1/m)}, \quad (5.16)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий повторность нагружения в нерасчетный период года, принимают в соответствии с приложением Б;

$m$  – показатель усталости материала, принимают в соответствии с приложением Б;

$t$  – показатель усталости материала, принимают в соответствии с приложением Б;

$\sum N_p$  – число накопленных осей, приложенных к расчетной точке на поверхности дорожной конструкции за расчетный срок службы, шт. (по формуле 5.3).

Таблица 5.17 – Значения коэффициентов  $K_{\text{м}}$  и  $K_{\text{т}}$

Материал покрытия	$K_{\text{м}}$	$K_{\text{т}}$
Асфальтобетон на модифицированном вяжущем	1,00	1,00
Асфальтобетон плотный:		
марки I	1,00	0,90
марки II	0,95	0,85
марки III	0,85	0,80
Асфальтобетон пористый:		
марки I	0,85	0,90
марки II	0,80	0,80
Асфальтобетон высокопористый	0,70	0,70

Полное растягивающее напряжение при изгибе  $\sigma_r$ , МПа, определяют по формуле:

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \cdot P \cdot K_{\text{б}}, \quad (5.17)$$

где  $\bar{\sigma}_r$  – растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, МПа;

$K_{\text{б}}$  – коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия под колесом автомобиля со спаренными баллонами ( $K_{\text{б}}=0,85$ ) и однобаллонными колесами ( $K_{\text{б}} = 1,0$ ).

Для прочих монолитных оснований  $R_{\text{доп}}=R_{\text{и}}$ , МПа. Если условие прочности не выполняется, то повышают жесткость основания путем увеличения толщины

более дешевых слоев; либо увеличивают толщину слоя, прочность которого не обеспечена, либо снижают его жесткость (увеличивая количество битума). Возможно устройство прослоек из геотекстиля, армирование материалов, замена материалов конструктивных слоев на более прочные и жесткие.

Пример расчета приведен в пункте 5.10.

### 5.8 Проектирование осушения дорожных одежд

Для осушения дорожных одежд рабочего слоя земляного полотна укладывают дренарующий слой с водоотводящими устройствами. Дренарующий слой устраивают на дорогах земляным полотном, сложенным из пучинистых грунтов: пылеватых песков, пылеватых и тяжёлых супесей, суглинков и глин в и дорожно-климатической зоне при всех типах местности, в III зоне - при 2-м, 3-м типах местности, в IV, V зонах при 3-м типе местности.

Во всех случаях дренарующий слой следует устраивать толщиной не менее 25 см. Дренающим слоем может быть песок, гравий, щебень, шлак другие зернистые материалы коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сут. Если земляное Полотно сложено из сильно пучинистых грунтов, а также на вогнутых переломах профиля выемках и дорогах I категории, фильтрации  $k_f$  должен быть не менее 2 м/сут. Защитные слои устраивают из геотекстильных материалов, если дренарующий слой устроен из каменных материалов. Вода, поступающая в основание дорожных одежд, состоит из воды с поверхности дороги, а также воды, освобождающейся при оттаивании увлажненного грунта. Объем воды  $q$ , поступающей в основание за сутки 1 м<sup>2</sup> проезжей части, принимается по таблице 5.18.

Таблица 5.18 – Объем воды, поступающей в основание  $q$

Дорожно-климатический район	Объем воды, поступающей в основание за сутки, $q$ , л/м <sup>2</sup>			
	Супесь легкая непывеватая, песок пылеватый	Суглинок непывеватый, глины	Суглинок пылеватый	Супесь пылеватая
1	5,0	6,0	8,0	9,0
2	4,6	5,6	7,5	8,5
3	4,2	5,2	7,0	8,0

*Примечания:*

1. При наличии в дорожной одежде основания из монолитных материалов объем воды, поступающей в основание, уменьшают на 10 %.
2. При обеспечении водонепроницаемости обочин объем воды  $q$  уменьшают на 20 %.
3. На участках перелома продольного профиля при встречных уклонах объем воды  $q$  увеличивают на 20 %.

Полную толщину дренающего слоя дорожной одежды  $h_n$ , м, определяют по формуле:

$$h_n = h_m b K_c + h_{зап}, \quad (5.18)$$

где  $h_m$  – толщина слоя, определяемая по номограмме (рисунок 5.9) в зависимости от коэффициента фильтрации материала дренающего слоя  $K_f$  и объема воды  $q$ , поступающей в основание проезжей части за сутки, м;

$b$  – коэффициент, зависящий от длины пути фильтрации воды, равный:

0,80 – для дорог I категории;

0,50 – II категории;

0,40 – III категории;

0,33 – IV и V категорий;

$K_c$  – коэффициент, учитывающий снижение фильтрационных свойств материала фильтрующего слоя в процессе эксплуатации дорог, равный:

1,1 – для сильнопучинистых и чрезмернопучинистых грунтов;

1,0 – в остальных случаях;

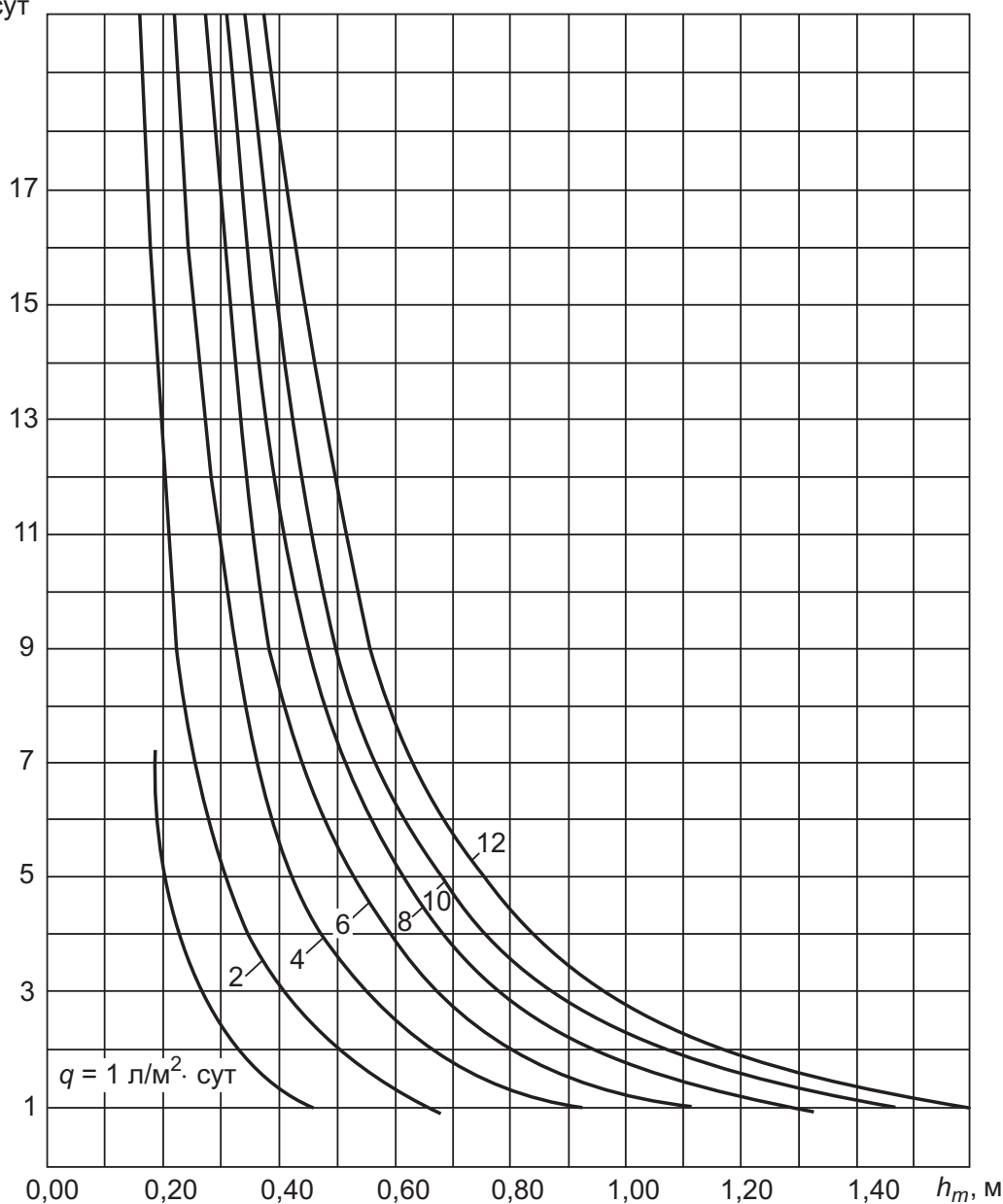
$h_{зап}$  – дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала, равная, м:

0,18–0,20 – пески мелкие;

0,14–0,15 – пески средней крупности;

0,10–0,12 – пески крупные.

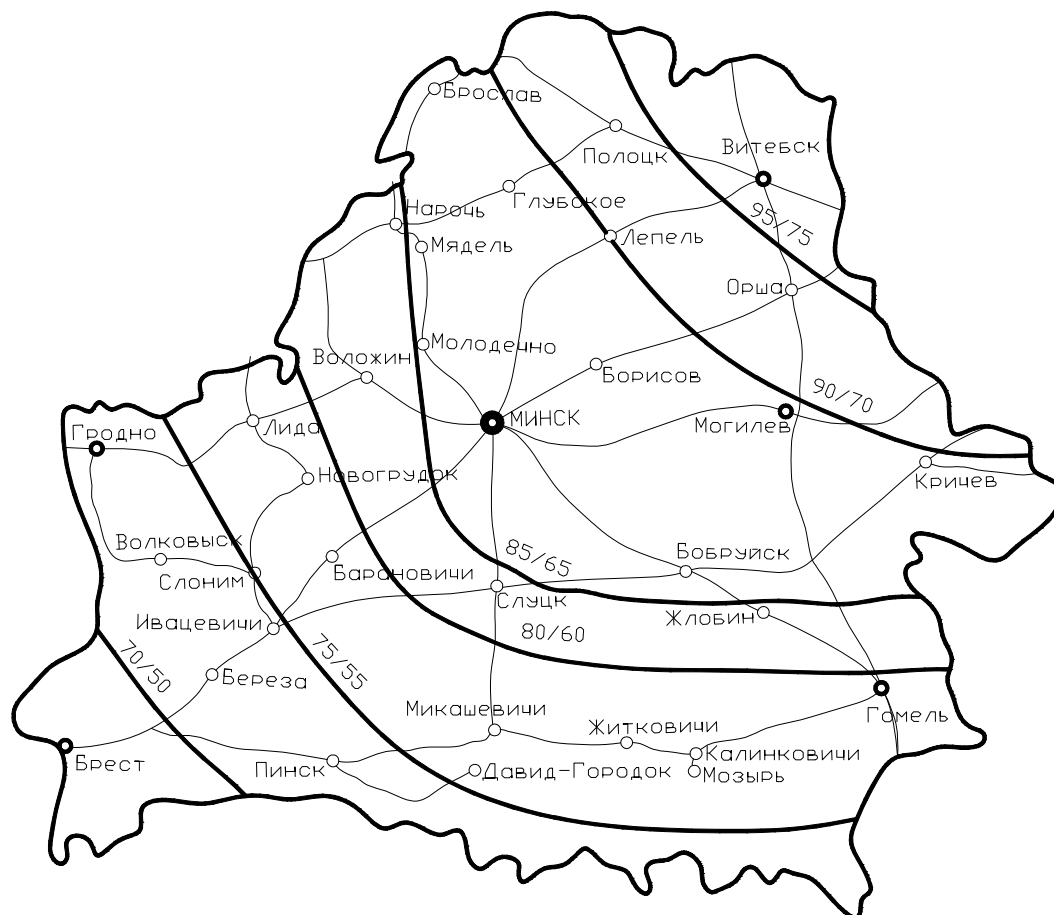
$K_{\phi}$ , м/сут



**Рисунок 5.9 – Номограмма для определения толщины слоя  $h_m$  в зависимости от коэффициента фильтрации материала дренажного слоя  $K_{\phi}$  и объема воды  $q$ , поступающего в основание за сутки**

## 5.9 Обеспечение морозоустойчивости дорожных одежд и земляного полотна

Специальные меры по морозозащите требуются в случае, когда земляное полотно возводится из сильнопучинистых и чрезмернопучинистых грунтов. При этом в зависимости от дорожно-климатического района, в котором осуществляется строительство дороги. Толщина слоев дорожных одежд из условия морозоустойчивости должна быть не менее значений, приведенных на рисунке 5.10. В противном случае уточняется конструкция дорожных одежд по условию морозоустойчивости согласно ТКП [3].



**Рисунок 5.10 – Карта минимально допустимых толщин стабильных слоев дорожной конструкции из условий морозоустойчивости (в числителе – для капитальных дорожных одежд в знаменателе – для облегченных)**

Морозоустойчивость дорожных одежд можно повысить, используя непучинистые или слабопучинистые грунты для верха земляного полотна, находящегося в зоне промерзания, а также устройством теплоизоляционных слоёв, задерживающих глубину промерзания.

Суммарная толщина дорожной одежды, соответствующая морозному пучению, которая не превышает допустимого значения:

$$H_{\text{мор}} = \left( z - 100 \frac{f_{\text{пуч}}}{k_{\text{пуч}}} \right) \times \sqrt{\frac{\lambda_i}{\lambda_j}}, \quad (5.19)$$

где  $z$  – глубина промерзания, м;

$f_{\text{пуч}}$  – допустимая глубина пучения;

$k_{пвч}$  – коэффициент пучения;

$\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности дорожной одежды, определяется как средняя теплопроводность всех слоев (таблица 5.19).

$$\lambda_j = \frac{\lambda_1 h_1 + \lambda_2 h_2 + \dots + \lambda_n h_n}{\sum h} \quad (5.20)$$

Таблица 5.19 – Теплофизические характеристики конструктивных слоев дорожно-строительных материалов и грунтов

Материал, грунт	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/м·К
1	2	3
Асфальтобетон горячий плотный	2400	1,40
То же, пористый	2300	1,25
То же, высокопористый, в том числе битумопесчаная смесь	2200-1900	1,10-1,00
Аглопористый щебень, обработанный вязким битумом	800	0,23
Керамзитовый гравий, обработанный вязким битумом	1100	0,64
Гравий (щебень) с легкими заполнителем, обработанный вязким битумом	2000	0,52
Супесь, укрепленная 10%-й эмульсией	1700-1900	1,456
Цементобетон	2400	1,74
Песок разномерный, укрепленный 6-10% цемента	2100	1,86
Песок мелкий, одномерный, укрепленный 10 % цемента	2100	1,62
Цементогрунт с керамзитом: песок – 75% (массы), керамзит – 25% (в т. ч. цемент – 5%)	1500-1600	-
Цементогрунт с гранулами полистирола: песок – 93-94 %, цемент – 7-6% (в т. ч. гранулы полистирола – 3-2%)	1300-1500	0,41-0,58
Битумоцементогрунт с перлитом, состава: перлитовый щебень – 24-18%, песок – 73-78%, цемент – 3-4%, битум – 12-10% (от массы песка, перлита и цемента)	1400	0,52-0,58
Цементогрунт с аглопоритом, состава: супесь или песок – 70-80%, аглопорит 30-20% (в т.ч. цемент – 6%)	1700-1800	0,64-0,75
Шлакобетон	1600	0,58
Керамзитобетон	1400	0,75
Стиропорбетон	1000-1100	0,23
Слабопрочные известняки, укрепленные известью	2000	1,16
Сунлинок, укрепленный 6-12% цемента	1750-1900	1,45
То же, 2-5% цемента и 2-6% извести	1800-1900	1,33
Супесь, укрепленная 8-10% цемента	1700-1900	1,51
Пенопласт	38,5-60	0,03-0,052
Пеноплэкс	38,5-50	0,03-0,032
Каменноугольная золошлаковая смесь, укрепленная 6-8% цемента	1600	0,70
Шлак топочный	800	0,46
Щебень из гранита	1800	1,86



Продолжение таблицы 5.19

1	2	3
Щебень из известняка	1600	1,39
Гравий	1800	1,86
Песок крупный талый	2000	1,74
То же, мерзлый	2000	2,32
Песок средней крупности	1950	1,91
То же, мерзлый	1950	2,44
Песок мелкий талый	1850	1,91
То же, мерзлый	1850	2,32
Песок пылеватый талый	1750	1,80
То же мерзлый	1750	2,20
Супесь талая	2100	1,80
То же, мерзлая	2100	2,03
Суглинок и глина талые	2000	1,62
То же, мерзлые	2000	1,97
Лессы талые	1500	1,51
То же, мерзлые	1500	2,09
Одномерный гранитный щебень, обработанный вязким битумом	1850	1,28
Гравийно-песчаная смесь	2000	2,10
Гравийно-песчаная смесь, укрепленная 10% цемента	2000	2,02

Коэффициент пучения:

$$k_{\text{пуч}} = \frac{100\beta\gamma k_{\text{л}}}{\alpha}, \quad (5.21)$$

где  $\beta$  – коэффициенты, учитывающие условия увлажнения,  $\beta=1,5$ ;

$\gamma$  – коэффициент, учитывающий тип поперечного профиля земляного полотна,  $\gamma=1,5$ ;

$k_{\text{л}}$  – коэффициент, учитывающий пучение земляного полотна,  $k_{\text{л}} = 1,58$ ;

$\alpha$  – климатически коэффициент, определяющиеся по карте изолиний,  $\alpha=0,35$ .

Значение коэффициентов в формулах приведены для второй климатической зоны.

## 5.10 Пример проектирования дорожной одежды.

### Определение расчётной нагрузки

Дорожную одежду на перегонах автомобильной дороги следует рассчитывать на кратковременное многократное действие транспортных нагрузок продолжительностью 0,1 с, а на остановках и обочинах дорог – на единичное действие транспортной нагрузки продолжительностью действия 10 мин.

Транспортная нагрузка характеризуется величиной и повторностью ее приложения.

Согласно для принятой категории дороги при проектировании дорожной одежды принимается расчетная нормированная нагрузка  $A_2$  на одиночную наиболее нагруженную ось двухосного автомобиля. По приложению Б таблица Бб для нагрузки группы  $A_2$  принимаются следующие основные параметры:

нагрузка на ось – 115 кН;

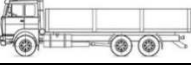
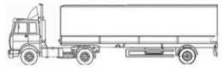
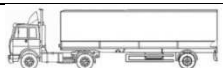
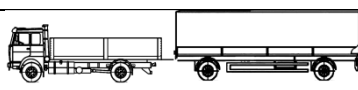
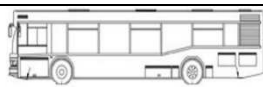
расчетное давление колеса на покрытие  $p = 0,6$  МПа;

расчетный диаметр следа колеса движущегося автомобиля – 0,39 см.

Транспортный поток состоит из различных транспортных средств. При расчёте дорожной одежды учитываются только грузовые автомобили и автобусы.

Интенсивность воздействия на одну полосу проезжей части проектируемой дороги определяется по формуле (5.2).

Таблица 5.20 – Расчёт приведённой интенсивности

Вид транспорта	$P_m$	$S_m$	$P_m \cdot S_m$
1	2	3	4
1 Легковой автомобиль (31%)	0,31	0,0015	0,00047
3 Грузовые автомобили (37%)			
3.1 Лёгкие (грузоподъёмность 2-5 т)	0,17	0,10	0,017
3.2 Средние (грузоподъёмность 5–8 т)	0,20	0,30	0,06
3.3 Тяжелые грузовые автомобили (8%)			
3.3.5  (тележка 26 т)	0,08	3,50	0,28
4 Автопоезда с полуприцепом (8%)			
4.1  (задняя ось тягача 11,5 т)	0,06	1,50	0,09
4.2  (задняя ось тягача 13 т)	0,02	2,50	0,05
5 Автопоезда с прицепом (2%)			
5.1  (задняя ось авто 11,5 т)	0,02	1,20	0,024
6 Автобусы (14%)			
6.1  (задняя ось 11,5 т)	0,14	1,00	0,14
		$\Sigma$	0,661

Перспективная суммарная интенсивность движения определяется по формуле:

$$N = N'_0 \cdot (1 + 0,01 \cdot p)^{t-1}, \text{ ед./сут.}, \quad (5.22)$$

где  $N'_0$  – интенсивность движения грузовых автомобилей в первый год службы дороги, ед./сут.;

$p$  – ежегодный прирост интенсивности движения, % (согласно заданию  $p = 6\%$ );

$t$  – срок службы дорожной одежды между капитальными ремонтами, для III категории 15 лет.

Согласно заданной структуре транспортного потока доля легковых автомобилей составляет 31%, а грузовых – 55%, автобусы – 14%.

Интенсивность движения грузовых автомобилей в первый год службы дороги определяется по формуле:

$$N'_0 = N_0 \cdot (1 - a_l), \text{ ед./сут.}, \quad (5.23)$$

где  $a_{л}$  – доля легковых автомобилей в составе транспортного потока ( $a_{л} = 0,31$ );  
 $N_0$  – исходная интенсивность движения в год ввода дороги в эксплуатацию, ед./сут. (согласно заданию  $N_0 = 800$  ед./сут.).

Тогда получим:

$$N'_0 = 800 \cdot (1 - 0,31) = 552 \text{ ед./сут};$$

$$N = 552,0 \cdot (1 + 0,01 \cdot 6)^{15-1} = 1248,02 \text{ ед./сут};$$

$$N_p = 0,55 \cdot 1248,02 \cdot 0,661 = 453,72 \text{ ед./сут (в соответствии с формулой 5.2).}$$

### Конструирование дорожной одежды

Для первого назначения типа дорожной одежды необходимо определить:

1.  $\sum N_p$  – число накопленных осей за расчетный срок службы дорожной одежды;
2.  $T_{сл}$  – расчетный срок службы дорожной одежды;
3.  $w_p$  – расчетную влажность грунта земляного полотна.

Определим расчётную влажность грунта земляного полотна по формуле (5.6):

$$w_p = 0,58 \cdot (1 + 0,1 \cdot 2,19) = 0,71\%.$$

По приложению А принимаем значения характеристик песка средней крупности и заносим в таблицу 5.21.

Значение требуемого модуля упругости дорожной конструкции определяется по формуле (5.5):

$$\sum N_p = 0,70 \cdot 453,72 \cdot \frac{23,20}{1,06^{(15-1)}} \cdot 135 \cdot 1,38 = 607162 \text{ шт};$$

$$E_{тр} = 98,65 \cdot [\lg(607162) - 3,23] = 251,88 \text{ МПа}.$$

Полученный по расчетам требуемый модуль упругости должен быть не менее указанного в таблице 5.12.

Для количества расчётных автомобилей группы «А» в сутки на одну наиболее загруженную полосу  $\sum N_p = 0,607$  млн ед.  $\approx 0,75$  млн ед. 3-го дорожно-климатического района принимаем конструкцию дорожной одежды, изображенную на рисунке 5.11.

1
2
3
4

1. Слой покрытия (5 см);
2. Слой покрытия (7 см);
3. Слой основания (9 см);
4. Слой основания (32 см).

*Рисунок 5.11 – Конструкция дорожной одежды*

Принимаем:

1. Верхний слой покрытия – асфальтобетон мелкозернистый типа А марки I по СТБ 1033-2016;

2. Нижний слой покрытия – асфальтобетон крупнозернистый пористый горячий марки I по СТБ 1033-2016;

3. Верхний слой основания – асфальтобетон горячий высокопористый марки I по СТБ 1033-2016;

4. Нижний слой основания – щебеночно-песчаные шлаковые смеси типов С1-С6 из малоактивных металлургических шлаков по СТБ 1957-2009.

Расчетные характеристики дорожной одежды приведены в таблице 5.21.

Таблица 5.21 – Расчетные характеристики дорожной одежды

№ слоя	Материал	h, м	$E_{10}$ , МПа	$E_{20}$ , МПа	$E_0$ , МПа	$R_u$ , МПа	$\varphi$ , °	C, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Асфальтобетон мелкозернистый типа А марки I по СТБ 1033-2016	0,05	3700	2100	5600	$R_u = 11,0$ $m = 5,5$ $\alpha = 5,1$	39	0,27
2	Асфальтобетон крупнозернистый пористый горячий марки I по СТБ 1033-2016	0,07	2000	1200	2800	$R_u = 8,0$ $m = 4,3$ $\alpha = 8,2$	39	0,29
3	Асфальтобетон горячий высокопористый марки I по СТБ 1033-2016	0,09	2000	1200	2100	$R_u = 5,8$ $m = 4,0$ $\alpha = 9,3$	–	–
4	Щебеночно-песчаные шлаковые смеси типов С1-С6 из малоактивных металлургических шлаков по СТБ 1957-2009	0,32	400	400	400	$R_u = 0,7$	–	–
5	Грунт земляного полотна песка средней крупности	–	120	120	120	–	32°	0,004

Дорожную одежду будем рассчитывать для групп нагрузок  $A_2$ . По таблице В.1 приложения В принимаем расчётный диаметр  $D = 0,39$  м и давление колеса на покрытие  $p = 0,6$  МПа.

### Расчёт дорожной одежды на прочность.

#### Расчет дорожной одежды по допустимому упругому прогибу

Конструкция дорожной одежды должна удовлетворять требованиям прочности и надежности по критерию упругого прогиба при условии:

Для групп нагрузок  $A_2$  при  $K_n = 0,98$   $K_{np}^{TP} = 1,20$ ;

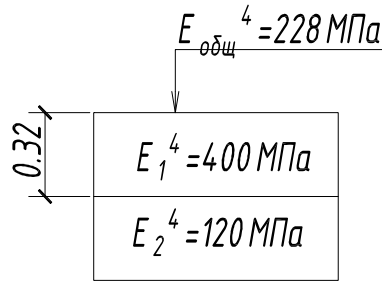
Расчет по допусаемому упругому прогибу выполняем послойно, начиная с подстилающего грунта (рисунок 5.11):

– нижний слой основания из щебеночно-песчаной шлаковой смеси типов С1-С6 из малоактивных металлургических шлаков (слой 4):

$$\frac{E_2^4}{E_1^4} = \frac{120}{400} = 0,30; \quad \frac{h_4}{D} = \frac{0,32}{0,39} = 0,82.$$

По номограмме:

$$\frac{E_{\text{общ}}^4}{E_1^4} = 0,57; E_{\text{общ}}^4 = 0,57 \cdot E_1^4 = 0,57 \cdot 400 = 228 \text{ МПа.}$$



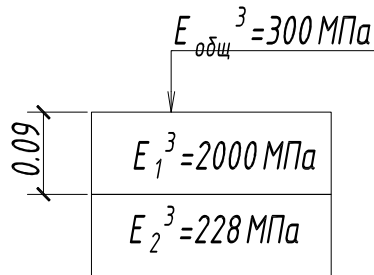
**Схема 1 – Слой 4**

– верхний слой основания из асфальтобетона горячего высокопористого марки I (слой 3):

$$\frac{E_2^3}{E_1^3} = \frac{228}{2000} = 0,11; \frac{h_2}{D} = \frac{0,09}{0,39} = 0,23.$$

По номограмме:

$$\frac{E_{\text{общ}}^3}{E_1^3} = 0,15; E_{\text{общ}}^3 = 0,15 \cdot E_1^3 = 0,15 \cdot 2000 = 300 \text{ МПа.}$$



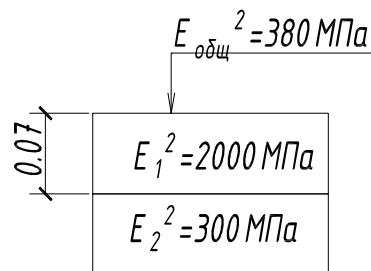
**Схема 2 – Слой 3**

– слой покрытия из асфальтобетона крупнозернистого пористого горячего марки I (слой 2):

$$\frac{E_2^2}{E_1^2} = \frac{300}{2000} = 0,15; \frac{h_2}{D} = \frac{0,07}{0,39} = 0,18.$$

По номограмме:

$$\frac{E_{\text{общ}}^2}{E_1^2} = 0,19; E_{\text{общ}}^2 = 0,19 \cdot E_1^2 = 0,19 \cdot 2000 = 380 \text{ МПа.}$$



**Схема 3 – Слой 2**

– слой покрытия из асфальтобетона мелкозернистого типа А марки I (слой 1):

$$\frac{E_2^1}{E_1^1} = \frac{380}{3700} = 0,10; \quad \frac{h_1}{D} = \frac{0,05}{0,39} = 0,13.$$

По номограмме:

$$\frac{E_{\text{общ}}^1}{E_1^1} = 0,12; \quad E_{\text{общ}}^1 = 0,12 \cdot E_1^1 = 0,12 \cdot 3700 = 444 \text{ МПа}.$$

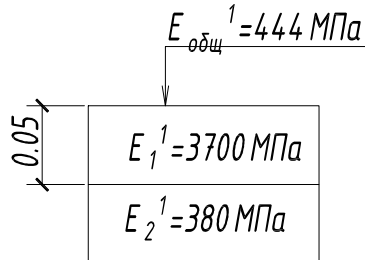


Схема 4 – Слой 1

$$\frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{тр}}} = \frac{444,0}{251,88} = 1,76 > K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,20$$

Условие выполняется.

### Расчет дорожной одежды на сопротивлению сдвигу в грунте земляного полотна и неукреплённых материалах

Выполним расчёт на сдвигоустойчивость грунта земляного полотна. Должно соблюдаться условие (5.8).

Чтобы определить  $K_2$  по графику нужно знать величину  $N_{\text{сут}}$ , которая определяется по формуле (5.12):

$$N_{\text{сут}} = \frac{607162}{135 \cdot 15} = 299,83 \frac{\text{шт.}}{\text{сут.}} \rightarrow K_2 = 0,96;$$

$$T_{\text{пр}} = 0,004 \cdot 4,0 \cdot 0,96 = 0,0154 \text{ МПа}.$$

Определим значение  $\bar{\tau}_a$ . Найдём модуль упругости верхнего слоя одежды ( $E_B$ ) по формуле (5.9):

$$E_B = \frac{2100 \cdot 0,05 + 1200 \cdot 0,07 + 1200 \cdot 0,09 + 400 \cdot 0,32}{0,05 + 0,07 + 0,09 + 0,32} = 801,89 \text{ МПа};$$

$$\frac{E_B}{E_H} = \frac{801,89}{120} = 6,68; \quad \frac{h_B}{D} = \frac{0,53}{0,39} = 1,36 \rightarrow \bar{\tau}_a = 0,0207 \text{ МПа}.$$

$$\tau_B = -0,0025 \text{ МПа при } \varphi = 32^\circ \text{ по номограмме}.$$

Тогда:

$$T_a = 0,0207 \cdot 0,6 - 0,0025 = 0,0099 \text{ МПа};$$

$$\frac{T_{\text{пр}}}{T_a} = \frac{0,0154}{0,0099} = 1,55 > K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,1.$$

Условие выполняется.

## Расчет монолитных слоев дорожной одежды на растяжение при изгибе

Выполним расчет конструкции монолитных слоев на сопротивление усталостному разрушению при растяжении при изгибе:

Для верхнего слоя основания из высокопористого а/б.

Определяем полное растягивающее напряжение при изгибе  $\sigma_r$  по формуле (5.17).

Для определения  $\bar{\sigma}_r$  используем номограмму. Для этого необходимо знать отношение значений  $\frac{E_B}{E_{осн}}$  и  $\frac{h_B}{D}$ . Расчетная температура  $-0^\circ\text{C}$ . Толщина монолитного слоя  $h_B = 0,21$  м.

Найдем значение  $E_B$ :

$$E_B = \frac{5600 \cdot 0,05 + 2800 \cdot 0,07 + 2100 \cdot 0,09}{0,21} = 3166,67 \text{ МПа};$$
$$\frac{E_B}{E_{осн}} = \frac{3166,67}{228} = 13,89; \quad \frac{h_B}{D} = \frac{0,21}{0,39} = 0,54 \rightarrow \bar{\sigma}_r = 1,10 \text{ МПа};$$
$$\sigma_r = 1,10 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 0,66 \text{ МПа}.$$

Определим предельно допустимое растягивающее напряжение при изгибе  $R_{доп}$  по формуле (5.15):

$K_{кн}$  – коэффициент учёта кратковременности и повторности нагружения на дорогу, определяемый по формуле (5.16).

$$K_{кн} = 9,3 \cdot 607162^{-\left(\frac{1}{4,0}\right)} = 0,33;$$

$$R_{доп} = 5,8,0 \cdot (1 - 0,1 \cdot 2,19) \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,33 = 0,73 \text{ МПа}.$$

В монолитных слоях дорожной одежды напряжения, возникающие при прогибе дорожной одежды под действием кратковременных повторных нагружений, не должны вызывать нарушения структуры материала и приводить к образованию трещин. Для этого должно выполняться условие (5.13):

$$\frac{R_{доп}}{\sigma_r} = \frac{0,73}{0,66} = 1,11 \geq K_{пр}^{тр} = 1,1.$$

**Условие прочности на растяжение при изгибе для верхнего слоя основания выполняется.**

Для нижнего слоя основания из щебеночно-песчаных шлаковых смесей типов С1-С6 из малоактивных металлургических шлаков.

Нижний слой основания рассчитывается по номограмме. При этом конструкцию предварительно приводим к трехслойной, где средним будет рассчитываемый монолитный слой. Номограмма связывает относительную толщину двух верхних слоев трехслойной системы  $(h_1 + h_2)/D$  и растягивающее напряжение  $\bar{\sigma}_r$  при различных отношениях модулей упругости слоев  $E_1/E_2$  и  $E_2/E_3$ .

Для материала, укрепленного вяжущим веществом,  $R_{\text{доп}}$  определится по выражению:

$$R_{\text{доп}} = R_{\text{и}}, \text{ МПа.}$$

Тогда по аналогии с пунктом 1 имеем:

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 0,05 + 0,07 + 0,09 + 0,32 = 0,53 \text{ м;}$$

$$E_1 = \frac{5600 \cdot 0,05 + 2800 \cdot 0,07}{0,12} = 3966,67 \text{ МПа;}$$

$$E_2 = 400,00 \text{ МПа;}$$

$$E_3 = E_{\text{общ}}^{\text{III}} = 228,00 \text{ МПа;}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{3966,67}{400,00} = 9,92; \frac{E_2}{E_3} = \frac{400}{228} = 1,75; \frac{h}{D} = \frac{0,53}{0,39} = 1,36.$$

Тогда по номограмме имеем  $\bar{\sigma}_r = 0,125 \text{ МПа.}$

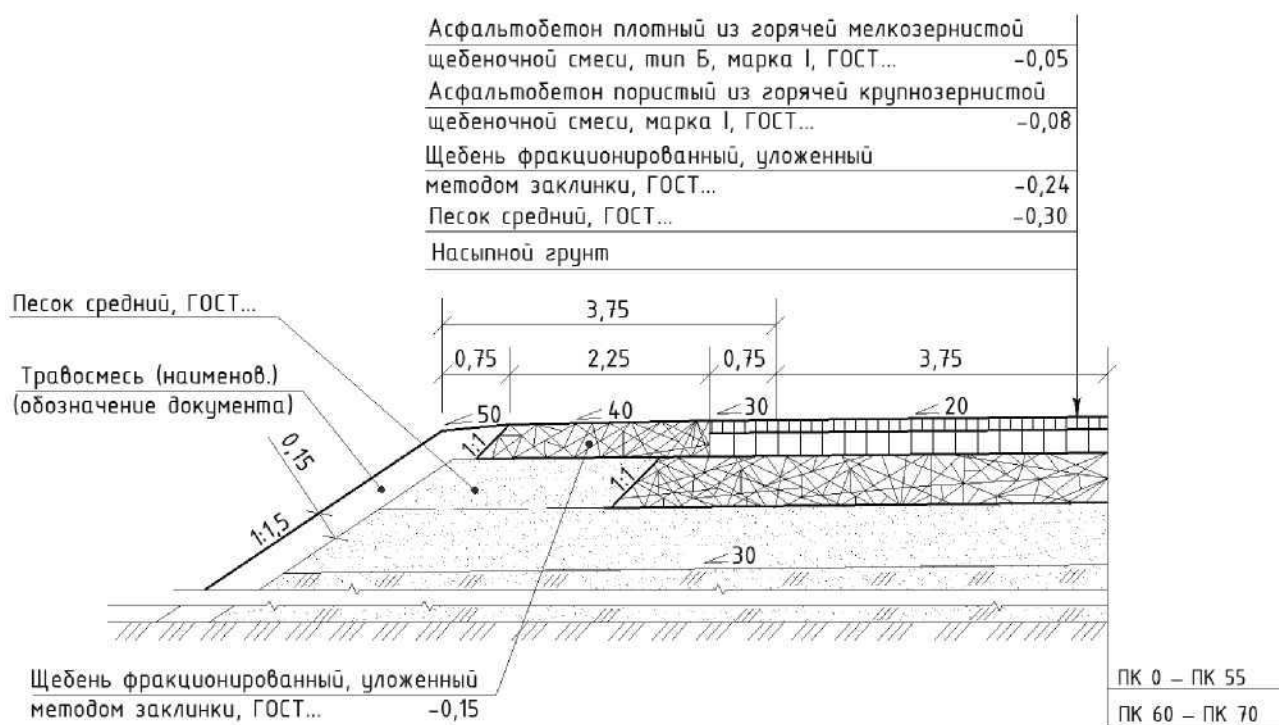
$$\sigma_r = 0,0056 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 0,0034 \text{ МПа;}$$

$$R_{\text{доп}} = R_{\text{и}} = 0,7 \text{ МПа;}$$

$$\frac{R_{\text{доп}}}{\sigma_r} = \frac{0,7}{0,125} = 5,6 > K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,1.$$

**Условие прочности на растяжение при изгибе для нижнего слоя основания выполняется.**

Пример оформления чертежа дорожной одежды представлен на рисунке 5.12.



**Рисунок 5.12 – Конструкция дорожной одежды**



## 6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОБУСНОЙ ОСТАНОВКИ

Автобусные остановки предназначены для обслуживания пассажиров в местах остановки автобусов. При проектировании автобусных остановок необходимо обеспечивать удобство пассажиров и безопасность движения попутного транспорта.

Автобусные остановки следует предусматривать на автомобильных дорогах с регулярным движением маршрутных автобусов. На автомобильных дорогах I–б, I–в, II и III категорий автобусные остановки должны устраиваться не чаще чем через 1,5 км. На автомагистралях автобусные остановки не устраиваются.

Автобусные остановки должны быть оборудованы остановочными и посадочными площадками со скамьями и урнами для мусора, а также павильонами или навесами для пассажиров с информацией о названии остановки и с устройством для размещения расписания движения автобусов.

Ширину остановочной площадки следует принимать равной ширине полосы движения. Остановочные площадки следует располагать в «карманах», с отгонами длиной не менее 15 м. Длину площадки следует принимать в зависимости от количества одновременно останавливающихся автобусов, но не менее 12 м. В данном курсовом проекте длину площадки принимаем равной 12 м.

Посадочные площадки должны быть приподняты на 0,2 м над поверхностью остановочных площадок. Поверхность посадочных площадок должна иметь монолитное или вымощенное покрытие на ширине не менее 2 м и длине, соответствующей длине остановочной площадки. Ближайшая грань павильона или навеса должна быть не ближе 3 м от кромки остановочной площадки.

От посадочных площадок в направлении основных потоков пассажиров следует проектировать пешеходные дорожки до существующих улиц или дорог.

Минимальную ширину тротуара или пешеходной дорожки следует принимать 1,0 м. При интенсивности пешеходного движения 50–200 чел./ч ширина тротуара или дорожки принимается 1,5 м с последующим увеличением на одну полосу шириной 0,75 м на каждые 200 чел./ч.

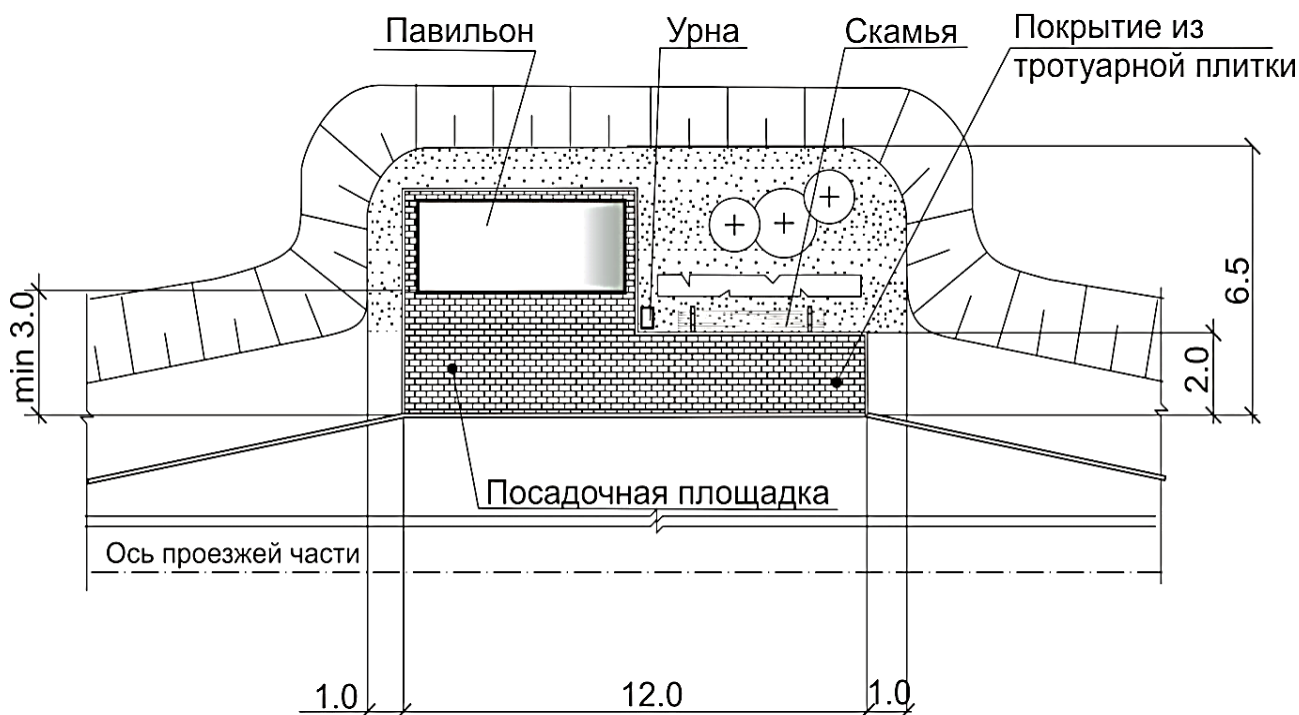
Пешеходные дорожки следует располагать на отдельном земляном полотне или на специальных бермах. В стесненных условиях и на подходах к искусственным сооружениям допускается размещение пешеходной дорожки на дорожном полотне на расстоянии от кромки проезжей части не менее 2,0 м. В этом случае дорожка должна быть отделена от проезжей части техническими средствами организации движения (сигнальными столбиками, барьерными ограждениями). Тротуары, расположенные непосредственно у проезжей части, ограниченной бордюром, допускается проектировать только в населенных пунктах.

Автобусные остановки вне населенных пунктов не следует располагать на кривых в плане и вертикальных выпуклых кривых с радиусами менее минимальных, определенных в соответствии с 5.3.2 [3] и при продольных уклонах более 40 %.

Автобусная остановка должна располагаться по ходу движения после пешеходного перехода в одном уровне. При этом расположение пешеходного перехода не должно противоречить направлению движения основного потока прибывших пассажиров. Минимальное расстояние от автобусной остановки (посадочной площадки) до пешеходного перехода в одном уровне в случае его расположения после автобусной остановки должно соответствовать наименьшему расстоянию видимости согласно таблице 9 [3].

При размещении автобусных остановок в зоне пересечений и примыканий дорог в одном уровне расстояние от конца закругления съезда до посадочной площадки, расположенной на той же стороне дороги, следует принимать для автомобильных дорог I–б, I–в, II и III категорий не менее 100 м, для дорог IV категории – не менее 70 м. При размещении автобусных остановок у примыканий, расположенных с противоположной стороны дороги, и у примыканий, на которых предусматривается только правоповоротное движение, расстояние от конца закругления съезда до посадочной площадки следует принимать не менее 30 м.

Схема автобусной остановки изображена на рисунке 6.1.



**Рисунок 6.1 – Схема автобусной остановки**

*Переходно-скоростные полосы и остановочная площадка входят в состав дополнительной полосы проезжей части, устраиваемой у посадочной площадки и павильона. В некоторых случаях, когда полоса используется для маневрирования автомобилей перед перекрестками или для движения тихоходных транспортных средств на затяжных подъемах, изолированную остановочную площадку устраивают рядом с полосой.*

*Переходно-скоростные полосы у автобусных остановок устраиваются на дорогах I-б, I-в, II и III категорий, а также IV категории – при расчетной интенсивности движения, превышающей 1000 ед./сут.*

*Длину переходно-скоростных полос следует назначать для автобусных остановок на дорогах I-б, I-в, II и III по таблице 6.1 для расчетной скорости 80км/ч, а на дорогах IV категории – 40м – для разгона и торможения.*

Таблица 6.1 – Длина переходно-скоростных полос

Расчетная скорость, км/ч	Длина полосы торможения	Длина полосы разгона
140	270	370
120	140	220
100	90	180
80	70	160

Ширину переходно-скоростных полос следует принимать равной ширине основных полос проезжей части. Укрепленные полосы обочин вдоль переходно-скоростных полос разгона допускается не устраивать.

Длину отгона полос разгона и торможения следует принимать по таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Длины отгона полос разгона и торможения

Расчетная скорость, км/ч	Длина отгона, м	
	Полоса торможения	Полоса разгона
140	50	80
120	30	60
100	30	60
80	30	30

Варианты планировочных схем устройства автобусных остановок приведены в приложении Г.

## **7 ОРГАНИЗАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Для организации и безопасности дорожного движения на дорогах общего пользования предусматривается установка знаков, информационных табличек, нанесение дорожной разметки, установка ограждающих и направляющих конструкций, которые обеспечивают необходимой информацией для движения водителей транспортных средств и пешеходов.

При проектировании автомобильных дорог составляется раздел организации дорожного движения, в графической части которого схематично показывают расположение основных сооружений и технических средств организации движения, и схема обстановки дороги, на которой указывают расположение дорожных знаков, разметки, ограждений, направляющих устройств, осветительных установок.

Схему вычерчивают в масштабе 1:500 и указывают на ней пикетажное положение мест установки знаков, начала и конца однотипных линий разметки.

При составлении схемы обстановки дороги разрабатывать мероприятия рекомендуются в следующем порядке:

- 1) установка дорожных знаков;
- 2) применение дорожной разметки;
- 3) установка дорожных ограждений и направляющих столбиков;
- 4) освещение опасных участков дороги.

Раздел включает расстановку дорожных знаков, дорожных ограждений и направляющих устройств, разметку проезжей части и освещение автомобильных дорог.

### **7.1 Расстановка дорожных знаков**

В случае проекта новой автомобильной дороги, проложенной в обход населенных пунктов и запроектированной с соблюдением норм, дорожные знаки устанавливаются: в местах пересечений и примыканий автомобильных дорог; на пересечениях в одном уровне с железными дорогами; на участках дорог с затяжными спусками; на участках автобусных остановок.

При размещении знаков разных групп на одной опоре (сверху вниз) очередность их расположения должна быть следующей:

- знаки приоритета;
- предупреждающие знаки;
- запрещающие знаки;
- предписывающие знаки;
- информационно-указательные знаки;
- знаки сервиса.

Такой же порядок расположения знаков должен быть и при размещении их в ряд (слева направо).

При размещении на одной опоре знаков одной группы очередность их расположения определяется номером знака в группе (от меньшего к большему).

Расстояние от нижнего края знака (без учета предупреждающих знаков 1.4.1 – 1.4.6 и табличек) до поверхности дорожного покрытия (высота установки), кроме случаев, специально оговоренных в нормативных документах, должно составлять: от 1,5 до 2,0 м при установке сбоку от проезжей части дороги на

опорах вне населенных пунктов, от 2,0 до 4,0 м – в населенных пунктах. Высота установки знака определяется от поверхности дорожного покрытия по краю проезжей части на стороне установки до находящегося в створе нижнего края знака.

- **Предупреждающие знаки:**

Вне населенных пунктов предупреждающие знаки, кроме знаков 1.3.1 – 1.4.6, 1.31.1 – 1.31.5, в зависимости от скорости движения, условий видимости и возможности размещения должны устанавливаться на расстоянии от 150 до 300 м, а в населенных пунктах – как правило, на расстоянии от 50 до 100 м до начала опасного участка дороги.

- **Знаки приоритета:**

Знаки приоритета применяют для указания очередности проезда участков дорог (перекрестков, пересечений отдельных проезжих частей, сужений проезжей части), движение на которых не регулируется сигналами светофора или регулировщика.

- **Запрещающие знаки:**

Запрещающие знаки применяют для введения ограничений движения или их отмены. Запрещающие знаки, кроме случаев, оговоренных настоящим стандартом, должны устанавливаться непосредственно перед участками дорог, на которых необходимо ввести соответствующие ограничения.

- **Предписывающие знаки:**

Предписывающие знаки применяют для обозначения необходимых направлений, условий и режимов движения. Предписывающие знаки должны устанавливаться непосредственно перед соответствующими участками дорог, на которых вводится соответствующий режим движения, или в местах, где он отменяется.

- **Информационно-указательные знаки:**

Информационно-указательные знаки применяют для маршрутного ориентирования и информирования участников движения об особенностях режима движения или о расположении на пути следования населенных пунктов и других объектов.

- **Знаки сервиса:**

На автомобильных дорогах знаки сервиса должны устанавливаться в соответствии с разработанной системой сервисного ориентирования (подраздел 14.2 [8]). В населенных пунктах места установки знаков сервиса определяются утвержденной в установленном порядке системой ориентирования населенного пункта (сервисная подсистема, подраздел 14.3 [8]).

- **Знаки дополнительной информации:**

Таблички должны применяться только совместно со знаками и располагаться непосредственно под знаком, за исключением табличек 7.2.2 – 7.2.4, 7.13.

## **7.2 Основные положения установки некоторых дорожных знаков**

Знаки 1.11.1 и 1.11.2 «Опасный поворот» должны устанавливаться перед кривыми в плане (поворотами), радиус которых менее указанного в таблице 7.1, в зависимости от скорости движения, разрешенной [2], и поперечного профиля на кривой в плане.

Таблица 7.1 – Условия установки знаков 1.11.1 и 1.11.2 «Опасный поворот»

Параметры поперечного профиля	Разрешенная скорость движения, км/ч	
	90 (вне населенного пункта)	60 (в населенном пункте)
	Радиус, м	
При двускатном поперечном профиле	≥ 500	≥ 250
При отсутствии поперечного уклона	≥ 400	≥ 200
При наличии виража с уклоном 20 ‰	≥ 400	≥ 150
При наличии виража с уклоном 40 ‰	≥ 350	≥ 150
При наличии виража с уклоном 60 ‰	≥ 300	≥ 150

Примечания:  
 1. Допускается не применять знаки 1.11.1, 1.11.2 на дорогах категорий VI-а и VI-б, не имеющих усовершенствованного покрытия.  
 2. Знаки 1.11.1, 1.11.2 не применяются в населенных пунктах на территориях жилых зон (с разрешенной скоростью движения не более 20 км/ч) и на проездах категории П.  
 3. Допускается не устанавливать знаки 1.11.1, 1.11.2 на автомобильных дорогах категорий V, VI, не имеющих усовершенствованного покрытия, при радиусах кривых в плане более 350 м.

В случаях, когда после кривой в плане, обозначенной знаком 1.11.1 (1.11.2), на расстоянии менее 150 м вне населенных пунктов или 50 м в населенных пунктах начинается следующая кривая в плане, направленная в ту же сторону (вправо или влево), радиус которой менее указанных в таблице 7.1, со знаком 1.11.1 (1.11.2) следует применять табличку 7.7 с указанием числа последовательно расположенных кривых в плане.

Знаки 1.13 «Крутой спуск» и 1.14 «Крутой подъем» должны устанавливаться соответственно перед участками спуска или подъема, если их протяженность и величина уклона более или равны значениям, указанным в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Условия установки знаков 1.13 «Крутой спуск» и 1.14 «Крутой подъем»

Уклон, ‰	≥ 40	≥ 50	≥ 60	≥ 70	≥ 80
Длина уклона, м	≥ 600	≥ 450	≥ 350	≥ 300	≥ 270

Если участок спуска или подъема не просматривается на всем протяжении или его длина превышает 500 м, со знаками 1.13 или 1.14 следует применять табличку 7.2.1.

Знак 2.1 «Главная дорога» должен применяться для обозначения перекрестков (пересечений проезжих частей), на которых водители транспортных средств имеют преимущество перед водителями, въезжающими на перекресток со второстепенной дороги.

Вне населенных пунктов знак 2.1 применяется только совместно с табличкой 7.13 и устанавливается:

- перед перекрестками, на которых главная дорога изменяет направление;
- перед перекрестками со сложной планировкой;
- при соответствующем обосновании;
- перед перекрестками, расположенными в пределах кривых в плане (для обозначения на табличке 7.13 траектории главной дороги через перекресток).

Перед перекрестком, на котором главная дорога изменяет направление, знаки 2.1 и 7.13 должны повторяться. Предварительный знак 2.1 с табличками 7.13 и 7.1.1 устанавливается на расстоянии от 100 до 150 м перед перекрестком, основной знак 2.1 с табличкой 7.13 – непосредственно перед перекрестком. При

совместном использовании табличек 7.1.1 и 7.13 табличка 7.13 должна размещаться выше таблички 7.1.1.

Знак 2.4 «Уступите дорогу» должен применяться для указания того, что водитель должен уступить дорогу транспортным средствам, пользующимся преимуществом в движении.

Знак 2.4 должен устанавливаться непосредственно перед перекрестком, а при наличии полосы разгона – перед началом этой полосы. Перед перекрестками, на которых главная дорога изменяет направление, знак 2.4 должен устанавливаться с табличкой 7.13.

Перед перекрестками со сложной планировкой табличка 7.13 применяется со знаками 2.4 при соответствующем обосновании.

Вне населенных пунктов знаки 2.4 должны быть установлены на всех обустроенных въездах на дорогу. Допускается не устанавливать знак 2.4 на въездах, предназначенных для сезонного использования и заканчивающихся в пределах полосы отвода (кроме въездов на автомобильные дороги категорий I-б и I-в по ТКП 45-3.03-19).

Знак 3.24.1 «Ограничение максимальной скорости» должен применяться для запрещения движения всех транспортных средств со скоростью более указанной на знаке.

Знаки 5.28 «Километровый знак» должны применяться на автомобильных дорогах общего и необщего пользования для указания расстояния от условной начальной точки отсчета до мест их установки. Знаки устанавливаются через 1 км на разделительной полосе, а в случае ее отсутствия – у правой бровки земляного полотна прямого направления в соответствии с наименованиями дорог.

На одной опоре устанавливают два знака 5.28, которые размещают оборотными сторонами друг к другу. Допускается установка знака на одной основе с двухсторонним изображением. На обоих знаках для прямого и обратного направления расстояние в километрах указывается от условной начальной точки отсчета до места их установки.

Информация об установленных дорожных знаках должна быть сведена в таблицу 7.3

Таблица 7.3 – Дорожные знаки

Назначение знака	Номер знака	Устройство берм	Пикетное положение		Обоснование	Эскиз знака
			слева	справа		
1	2	3	4	5		6
Предупреждающий знак	1.31.3	да		1+10,0	5.2.36	
Пересечение со второстепенной дорогой	2.3.1	-		1+23,0	5.3.4	
Пересечение со второстепенной дорогой	2.3.1	да	2+24,0		5.3.4	
Километровый знак	5.28	-		3+00	5.6.37	
	5.28					
Итого знаков, берм:	5	2				

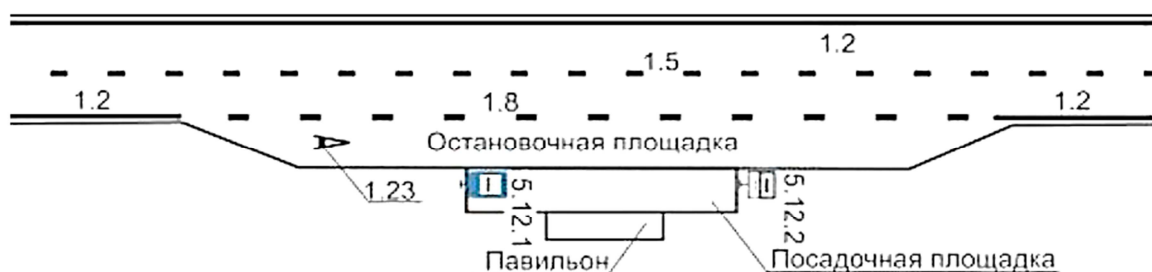
### 7.3 Разметки проезжей части

Горизонтальная разметка применяется на дорогах при интенсивности движения 1 000 авт./сут. и более, а также на дорогах с регулярным движением маршрутных транспортных средств. Разметка может наноситься на других улицах, дорогах и прилегающих территориях, когда это необходимо для требуемого уровня организации движения и обеспечения его безопасности.

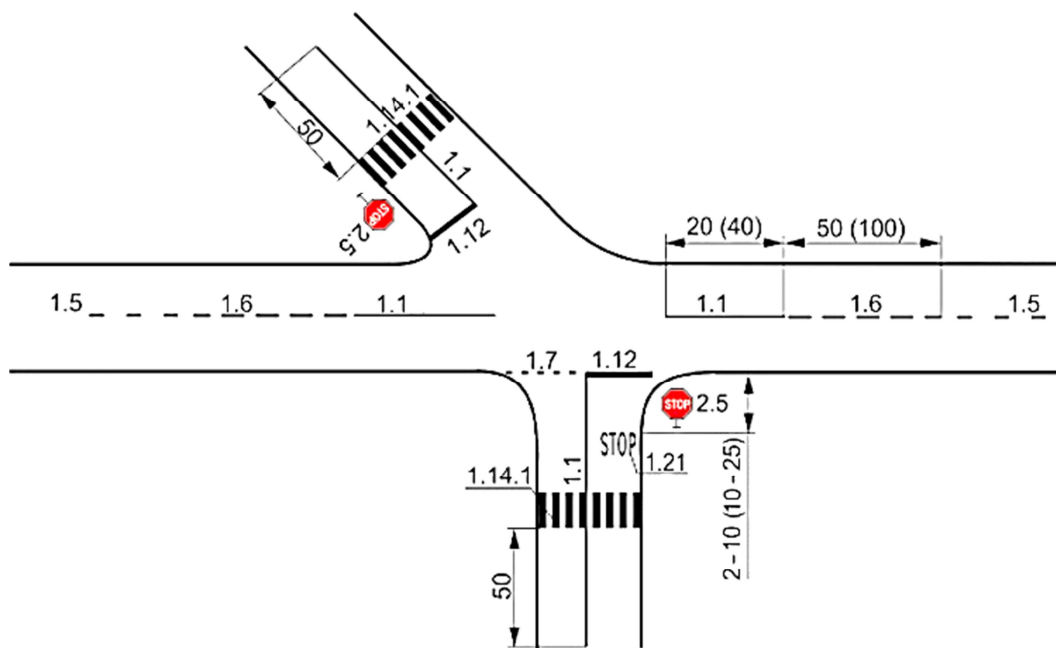
Номера, форма, цвет и общие технические требования горизонтальной разметки должны соответствовать требованиям СТБ 1231.

Основными разновидностями вертикальной разметки являются 2.1.1 – 2.1.3. Данная разметка может быть выполнена в виде сигнальных щитков ЩС1-ЩС3. Разметки 2.1.4 – 2.1.6 применяются в местах обустройства дорожно-строительных и ремонтных работ. 2.1.7 – 2.1.9 применяются на участках концентрации дорожно-транспортных происшествий (УКДТП).

Примеры нанесения разметки на остановочных площадках маршрутных транспортных средств и нанесения разметки перед нерегулируемыми пешеходными переходами приведены на рисунке 7.1 и 7.2.



**Рисунок 7.1 – Нанесение разметки на остановочных площадках маршрутных транспортных средств**



**Рисунок 7.2 – Нанесение разметки перед нерегулируемыми пешеходными переходами**

Информация о расположении дорожной разметки должна быть сведена в таблицу 7.4.



Таблица 7.4 – Дорожная разметка

№ п/п	Номер разметки	Применение разметки	Эскиз разметки по СТБ 1231	Обоснование применения	Пикетажное положение	Протяженность/площадь, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5		
1	1.1	- для разделения транспортных потоков противоположных направлений; - перед перекрестками; - перед островком безопасности; - перед пешеходными переходами; - для обозначения границ остановочной площадки; - для обозначения границ стояночных мест транспортных средств;		п.6.2.3 по СТБ 1231	ПК0+47-ПК1+37; ПК0+75-ПК1+82;	90/9 107/10,7
<b>Всего площадь, м<sup>2</sup>:</b>						19,7

#### 7.4 Расстановка дорожных ограждений

Дорожные ограждения подразделяют на три группы: транспортные, пешеходные и специальные (защитные).

Ограждения первой группы (транспортные) предназначены для предотвращения непреднамеренных съездов транспортных средств с земляного полотна дороги, проезжей части мостов, путепроводов, эстакад, въезда на полосы встречного движения, а также наездов на массивные препятствия и сооружения, расположенные возле дороги. Ограждения первой группы в зависимости от конструктивного исполнения разделяются на типы:

- металлические односторонние;
- металлические двусторонние;
- тросовые;
- парапетные (железобетонные).

В зависимости от деформационных характеристик:

- деформируемые;
- недеформируемые;
- деревянные.

Ограждения второй группы (пешеходные) предназначены для организации упорядоченного движения пешеходов и обеспечения их безопасности. В зависимости от конструктивного исполнения разделяются на:

- удерживающие (для удержания пешеходов от падения при движении их по тротуарам, расположенным на мостах, путепроводах, эстакадах или высокой насыпи);
- ограничивающие (для организации упорядоченного движения пешеходов).

Ограждения третьей группы предназначены для предотвращения выхода на проезжую часть животных.

Сложность дорожных условий и места установки дорожных ограждений первой группы на автомобильных дорогах вне населенных пунктов определяются по таблицам 7.5 и 7.6 соответственно, удерживающую способность и уровни удерживающей способности – по таблице 7.7 и 7.8.

Таблица 7.5 – Определение мест установки дорожных ограждений в зависимости от сложности дорожных условий на автомобильных дорогах вне населенных пунктов

Сложность дорожных условий	Место установки дорожных ограждений
1	2
1-а	На разделительной полосе шириной менее 5,0 м, расположенной в одном уровне с проезжей частью, на которой отсутствуют массивные препятствия *
	На обочинах автомобильных дорог, проходящих вдоль болот, водных потоков или водоемов глубиной более 2,0 м и оврагов, находящихся на расстоянии от 15,0 до 25 м от края проезжей части
	На обочинах автомобильных дорог, проложенных вдоль железнодорожных путей на расстоянии от 15,0 до 25 м от края проезжей части автомобильных дорог, кроме участков, расположенных выше уровня проезжей части дорог более 0,5 м
	На обочинах и разделительной полосе дорог, проходящих на подходах к мостовым сооружениям при высоте насыпи менее указанной в таблице 13[8], на автомобильных дорогах, по геометрическим параметрам соответствующих категориям V – VI-а (VI-б), II – IV, I-а – I-в по ТКП 45-3.03-19, протяженностью 12, 18 и 24 м соответственно без учета начальных и конечных участков
	На обочинах дорог, проходящих на насыпи с откосами круче 1:3, при условиях, указанных в таблице 13 [8]
	На проезжей части дорог для разделения транспортных потоков встречных направлений на УКДТП
2-а	На разделительной полосе шириной менее 5,0 м, на которой отсутствуют массивные препятствия, если интенсивность движения автомобилей, имеющих разрешенную максимальную массу не менее 30,0 т, составляет не менее 1 000 авт./сут *
	На обочинах дорог, расположенных на участках с насыпью высотой 5 м и более
	На обочине дорог, расположенных на склоне местности круче 1:3
	На обочине дорог, проложенных вдоль болот, водных потоков или водоемов глубиной более 2,0 м и оврагов, находящихся на расстоянии менее 15,0 м от края проезжей части
	На обочинах автомобильных дорог, проложенных вдоль железнодорожных путей на расстоянии менее 15,0 м от края проезжей части автомобильных дорог, кроме участков, расположенных выше уровня проезжей части дорог более 0,5 м
	На разделительной полосе и обочинах дорог, на которых массивные препятствия (консольные и рамные опоры информационно-указательных знаков, опоры освещения и связи, деревья диаметром более 0,1 м и т. п.) расположены на расстоянии 4,0 м и менее от кромки проезжей части и на которых имеются одностоечные или двустоечные опоры путепроводов сечением менее 1,0 м независимо от их расстояния до кромки проезжей части

\* В ширину разделительных полос включается ширина укрепительных полос.

Таблица 7.6 – Условия отнесения участков автомобильных дорог вне населенных пунктов по сложности дорожных условий к группе 1-а

Участки автомобильной дороги вне населенных пунктов	Продольный уклон дороги, ‰	Высота насыпи, м, при перспективной* интенсивности движения, авт./сут., не менее	
		100 **	2 000
Прямолинейные и с кривыми в плане радиусом более 600 м. С внутренней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м на спуске и после него на участке длиной 100 м	40 и более	3,5	2,5
С внешней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м на спуске и после него на участке длиной 100 м	До 40		
С внешней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м на спуске и после него на участке 100 м	40 и более	3,0	2,0
На вогнутой кривой в продольном профиле, сопрягающей участки с абсолютным значением алгебраической разности встречных уклонов 50 ‰ и более	–	–	–

\* Перспективная интенсивность движения на пятилетний период.  
 \*\* При наличии на дороге движения маршрутных транспортных средств ограждения устанавливаются аналогично условиям, соответствующим интенсивности движения 2000 авт./сут. и более.

Таблица 7.7 – Уровни удерживающей способности ДО

Уровень	У1	У2	У3	У4	У5	У6	У7	У8	У9	У10
Удерживающая способность, кДж, не менее	126,6	190	250	287,5	350	400	462,1	500	572,0	600

*Примечания*

1 Удерживающая способность конструкций ДО определяется в соответствии с требованиями СТБ EN 1317-2.

2 Крепление деформируемых и недеформируемых железобетонных ДО к пролетным строениям мостов и путепроводов должно рассчитываться в соответствии с требованиями ТКП 45-3.03.232.

3 Конструкция узла анкеровки для крепления стоек металлического ДО должна обеспечивать устойчивость к нормативному усилию вырывания узла из бетона пролетного строения мостового сооружения. Нормативное усилие определяется по максимально допустимому напряжению разрыва одного ряда болтов крепления фланца к анкерной пластине, рассчитанного по нормируемому показателю временного сопротивления разрыву материала болтов. Конструкция, размеры и материалы для изготовления болтов должны соответствовать параметрам, применяемым при натурных испытаниях конструкций в соответствии с требованиями СТБ EN 1317-2, и указываться в ТУ предприятий – изготовителей ограждений.

Таблица 7.8 – Уровень удерживающей способности ДО на автомобильных дорогах вне населенных пунктов

Участки автомобильной дороги	Продольный уклон дороги, ‰	Сложность дорожных условий	Геометрические параметры дороги, соответствующие категориям по ТКП 45.3.03-19					
			I-a, I-б, I-в		II	III	IV	V-VI-a (VI-б)
			6 полос и более	4 полосы	2 – 3 полосы	2 полосы (1 полоса)		
			Уровень удерживающей способности					
1	2	3	4	5	6		7	
Обочины прямолинейных участков дорог и с кривыми в плане радиусом более 600 м	До 40	1-а	У4	У3	У2		У1	
		2-а	У5	У4	У3		У2	
Обочина с внутренней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м на спуске и после него на участке длиной 100 м	40 и более	1-а	У5	У4	У3	У2	С1	
		2-а	У6	У5	У4	У3	У2	
Обочина с внешней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м на спуске и после него на участке длиной 100 м	До 40	1-а	У5	У4	У3	У2	У1	
		2-а	У6	У5	У4	У3	У2	
Обочина с внешней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м на спуске и после него на участке длиной 100 м	40 и более	1-а	У6	У5	У4	У3	У2	
		2-а	У7	У6	У5	У4	У3	
Обочины на вогнутой кривой в продольном профиле, сопрягающей участки с абсолютным значением алгебраической разности встречных уклонов 50 ‰ и более	–	1-а	У5	У4	У3	У2	У1	
		2-а	У6	У5	У4	У3	У2	
Разделительная полоса	–	1-а	У5	У4	–			
		2-а	У6	У5	–			

*Примечание* – Уровень удерживающей способности ДО, устанавливаемого на проезжей части для разделения транспортных потоков встречных направлений, – не менее У4.

Общий вид ограждения представлен на рисунке 7.3.



Рисунок 7.3 – Общий вид одностороннего металлического барьерного ограждения

Информация о расстановке дорожных ограждений сводится в таблицу 7.9.

Таблица 7.9 – Дорожные ограждения

№ п/п	Пикетное положение	Длина участка, м	Сторона дороги	Степень удержания	Обоснование установки ограждения
1	2	3	4	5	6
1	1+0,00 – 2+0,00	100	лево	У2	Табл. 7.5, 5 строка
<b>Всего, м</b>		<b>100</b>			

### 7.5 Расстановка направляющих устройств

Направляющие устройства предназначены для обеспечения видимости в темное время суток и при неблагоприятных метеорологических условиях внешнего края обочин, ДО и опасных препятствий, а также для создания благоприятных условий разделения и слияния транспортных потоков разных направлений.

К постоянным направляющим устройствам относятся:

- точечные световозвращающие элементы (ТСЭ);
- сигнальные столбики (столбики);
- сигнальные щитки;
- постоянные направляющие островки;
- тумбы с искусственным освещением.

Сигнальные столбики устанавливают вне населенных пунктов на автомобильных дорогах без искусственного освещения при условиях, когда не требуется установка дорожных ограждений:

- в пределах кривых в продольном профиле и на подходах к ним (по три столбика на подходе с каждой стороны дороги) при высоте насыпи 2 м и более, интенсивности движения не менее 2000 ед./сут. на расстояниях  $l_0$  и  $l_1$ , указанных в таблице 7.10, и на расстоянии  $l_2$ , равном 50 м (рисунок 7.4);

Таблица 7.10 – Расстояние между сигнальными столбиками на кривых в продольном профиле

– Размеры в метрах

Радиус кривой в продольном профиле $R$ , не более		500	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	8 000 и более
Расстояние между столбиками:	в пределах кривой, $l_0$	12	15	25	30	35	40	45	50
	на подходах к кривой $l_1$	20	30	40	45	50	50	50	50

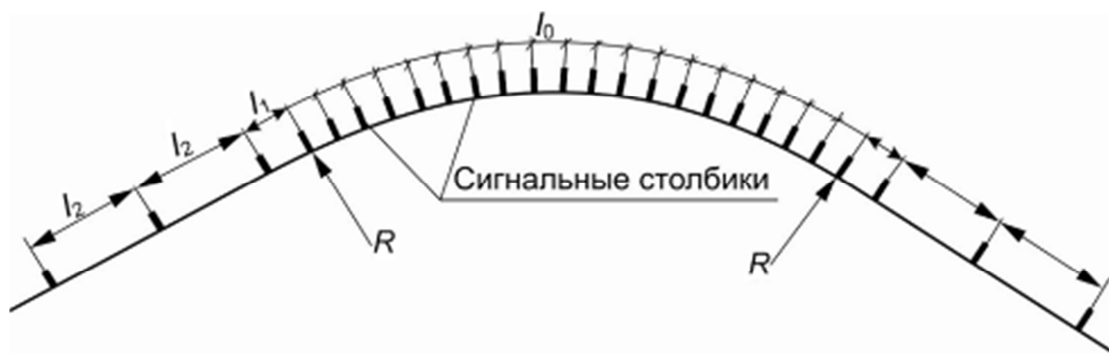


Рисунок 7.4 – Установка сигнальных столбиков на кривой в профиле

- в пределах кривых в плане и на подходах к ним (по три столбика на подходе с каждой стороны дороги) при высоте насыпи 1 м и более, на расстояниях  $l_0$ ,  $l_1$  и  $l_2$ , указанных в таблице 7.11, и на расстоянии  $l_3$ , равном 50 м (допускается не устанавливать сигнальные столбики при углах поворота до 3 град.) (рисунок 7.5);

Таблица 7.11 – Расстояние между сигнальными столбиками на кривых в плане  
– Размеры в метрах

Радиус кривой в плане $R$ , м	Расстояние между столбиками		
	на внешней стороне кривой $l_0$	на внутренней стороне кривой $l_1$	на подходах к кривой $l_2$
До 50 включ.	5	10	15
51 – 100	10	20	25
101 – 200	15	30	30
201 – 300	25	50	50
301 и более	50	-	-

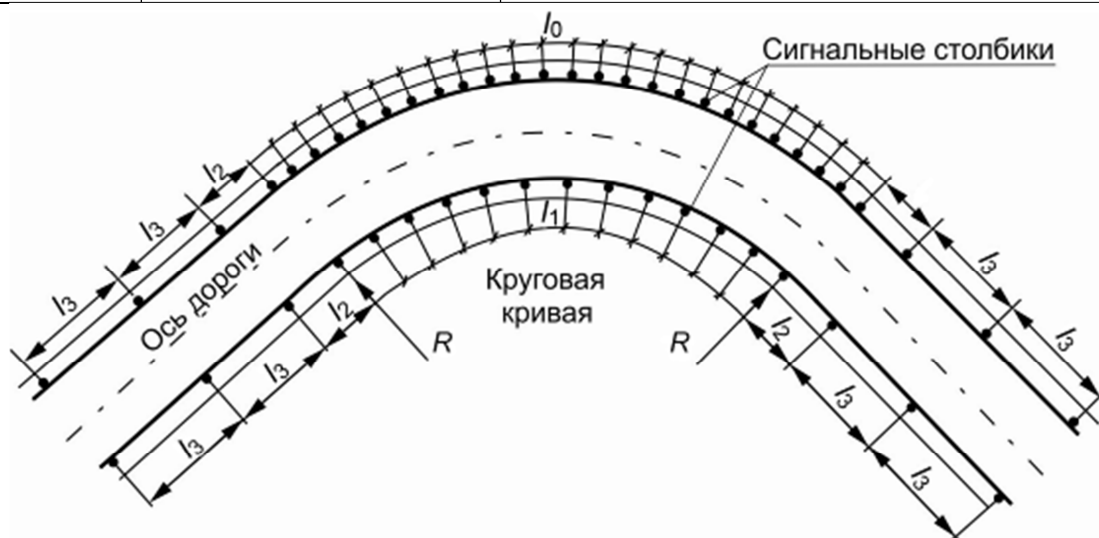


Рисунок 7.5 – Установка сигнальных столбиков на кривой в плане

– на прямолинейных участках дорог при высоте насыпи не менее 2 м и интенсивности движения не менее 2 000 ед./сут. – через 100 м;

– на дорогах, расположенных на расстоянии до 15 м от болот и водотоков глубиной более 1 м при паводке, действующем на протяжении 15 сут. и более с 10%-й вероятностью превышения – через 20 м;

– на кривых сопряжений обозначенных перекрестков (пересечений и примыканий) автомобильных дорог в одном уровне – по 3–5 столбиков: по одному – в начале и конце сопряжения, остальные столбики – между крайними на равном расстоянии один от другого (при этом, если один из второстепенных подходов к обозначенному перекрестку является сезонным, на кривых сопряжений со стороны этого подхода столбики допускается не устанавливать);

– на железнодорожных переездах – с обеих сторон переезда на участке от 2,5 до 16,0 м от крайних рельсов через каждые 1,5 м;

– у водопропускных труб – по одному столбику с каждой стороны по оси трубы;

– в створе установленных искусственных неровностей согласно разделу 13 [8].

Общий вид сигнального столбика представлен на рисунке 7.6.

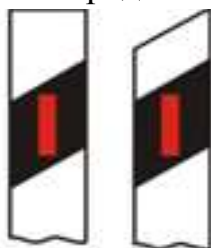


Рисунок 7.6 – Общий вид сигнального столбика

Информация о расстановке направляющих устройств (сигнальных столбиков) сводится в таблицу 7.12.

Таблица 7.12 – Направляющие устройства

№ п/п	Пикетное положение	Длина участка, м	Сторона дороги	Обоснование в соответствии с СТБ 1300	Количество, шт.
1	2	3	4	5	6
1	1+0,00 – 2+0,00	100	право	9.3.1	5
<b>Всего</b>					<b>5</b>

## 7.6 Освещение автомобильных дорог

Наружное электрическое освещение на автомобильных дорогах следует предусматривать:

- на участках дорог, проходящих через населенные пункты;
- на железнодорожных переездах в одном уровне;
- на кольцевых пересечениях в одном уровне;
- на больших мостах;
- в пешеходных тоннелях и на лестничных сходах перед ними;
- на автобусных остановках, включая пешеходный переход, при количестве останавливающихся в темное время суток автобусов более двух в час и выраженном потоке пассажиров на автомобильных дорогах I-б категории, а при наличии возможности использования существующих электрических сетей – и на автомобильных дорогах I-в – III категорий.

Средняя яркость покрытия проезжей части вне пределов населенных пунктов должна быть  $0,8 \text{ кд/м}^2$ , на соединительных ответвлениях узлов в пределах транспортных развязок –  $0,4 \text{ кд/м}^2$ , а средняя горизонтальная освещенность покрытия – 15 лк и 10 лк, соответственно.

Отношение максимальной яркости покрытия проезжей части дороги к минимальной должно быть не более 3:1 при норме средней яркости более  $0,6 \text{ кд/м}^2$  и 5:1 – при норме средней яркости менее  $0,6 \text{ кд/м}^2$ , при этом показатель ослепленности не должен превышать 150.

Освещение участков дорог в пределах населенных пунктов, пешеходных тоннелей следует выполнять в соответствии с требованиями ТКП 45-2.04-153-2009 (02250). Освещение железнодорожных переездов в одном уровне следует выполнять в соответствии с требованиями ТКП 543.

Опоры освещения вне населенных пунктов следует располагать на расстоянии не менее 4 м от кромки проезжей части, при меньшем расстоянии следует предусматривать установку барьерных ограждений.

Высоту установки светильников на опорах следует принимать не менее 6,5 м над проезжей частью дорог.

Информация о расположении осветительных опор заносится в таблицу 7.13.

Таблица 7.13 – Освещение автомобильных дорог.

№ п/п	Пикетное положение	Длина участка	Сторона дороги	Обоснование	Количество, шт.
1	2	3	4	5	6
1	1+0,00 – 2+0,00	100 м	с двух сторон	большой мост	10

Пример организации дорожного движения представлен в приложении Д.

## Приложение А

### Расчетные характеристики грунтов рабочего слоя земляного полотна

Расчетные значения модуля упругости  $E_y$ , угла внутреннего трения  $\varphi$ , внутреннего сцепления  $C$  пылевато-глинистых грунтов и пылеватых песков принимают по таблице А.1.

Таблица А.1 – Расчетные значения характеристик грунтов

Вид грунта	Число пластичности $J_p$ , %	Содержание песчаных зерен (2–0,5 мм), % по массе	Показатели	Расчетные значения характеристик грунта, в зависимости от влажности $W_p$ , %								
				0,5	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
<b>Песок</b>												
Крупный (в том числе ПГС по ГОСТ 23735 с содержанием щебня (гравия) до 30 %)			$E_y$ , МПа	130,0								
			$\varphi$	35°								
			$C$ , МПа	0,004								
Средней крупности			$E_y$ , МПа	120,0								
			$\varphi$	32°								
			$C$ , МПа	0,004								
Мелкий			$E_y$ , МПа	100,0								
			$\varphi$	31°								
			$C$ , МПа	0,003								
Однородный			$E_y$ , МПа	75,0								
			$\varphi$	31°								
			$C$ , МПа	0,003								



Продолжение таблицы А.1

Вид грунта	Число пластичности $J_p$ , %	Содержание песчаных зерен (2–0,5 мм), % по массе	Показатели	Расчетные значения характеристик грунта, в зависимости от влажности $W_p$ , %								
				0,5	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
Пылеватый			$E_y$ , МПа	96,0	90,0	84,0	78,0	72,0	60,0	60,0	54,0	48,0
			$\varphi$	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
<b>Супесь</b>												
Крупная легкая	1–7	Более 50	$E_y$ , МПа	108,0	108,0	100,0	100,0	79,0	69,0	62,0	54,0	50,0
			$\varphi$	32°	30°	29°	28°	27°	26°	25°	23°	22°
			$C$ , МПа	0,022	0,016	0,014	0,013	0,011	0,010	0,007	0,005	–
Пылеватая	1–7	Более 50	$E_y$ , МПа	108,0	108,0	100,0	100,0	79,0	69,0	62,0	54,0	50,0
			$\varphi$	32°	30°	29°	28°	27°	26°	25°	23°	22°
			$C$ , МПа	0,022	0,020	0,014	0,013	0,011	0,010	0,007	0,005	–
<b>Суглинок</b>												
Легкий непылеватый	7–12	Более 40	$E_y$ , МПа	108,0	100,0	77,0	64,0	52,0	42,0	34,0	27,0	23,0
			$\varphi$	27°	25°	23°	21°	19°	18°	16°	13°	11°
			$C$ , МПа	0,035	0,026	0,024	0,018	0,014	0,011	0,009	0,006	0,004
Легкий пылеватый	7–12	Менее 40	$E_y$ , МПа	108,0	100,0	77,0	64,0	52,0	42,0	34,0	27,0	23,0
			$\varphi$	28°	25°	24°	22°	20°	18°	16°	14°	11°
			$C$ , МПа	0,040	0,030	0,030	0,019	0,015	0,012	0,009	0,007	0,005
Тяжелый непылеватый	12–17	Более 40	$E_y$ , МПа	100,0	80,0	62,0	49,0	38,0	29,0	21,0	13,0	10,0
			$\varphi$	25°	22°	20°	18°	15°	13°	10°	7°	–
			$C$ , МПа	0,050	0,035	0,030	0,022	0,016	0,013	0,010	0,008	0,007

Окончание таблицы А.1

Вид грунта	Число пластичности $J_p$ , %	Содержание песчаных зерен (2–0,5 мм), % по массе	Показатели	Расчетные значения характеристик грунта, в зависимости от влажности $W_p$ , %								
				0,5	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
Тяжелый пылеватый	12–17	Менее 40	$E_y$ , МПа	100,0	80,0	62,0	49,0	38,0	29,0	21,0	13,0	10,0
			$\varphi$	25°	22°	20°	18°	15°	13°	10°	7°	–
			$C$ , МПа	0,050	0,035	0,030	0,022	0,016	0,013	0,010	0,008	0,007
<b>Глина</b>												
Легкая непылеватая	17–27	Более 40	$E_y$ , МПа	82,0	62,0	51,0	34,0	24,0	17,0	10,0	5,0	–
			$\varphi$	23°	20°	17°	15°	12°	8°	3°	–	–
			$C$ , МПа	0,060	0,040	0,032	0,024	0,020	0,020	0,010	0,008	0,010
Легкая пылеватая	17–27	Менее 40	$E_y$ , МПа	82,0	62,0	51,0	34,0	24,0	17,0	10,0	5,0	–
			$\varphi$	23°	20°	17°	15°	12°	8°	3°	–	–
			$C$ , МПа	0,060	0,040	0,032	0,024	0,020	0,020	0,010	0,008	0,010
Тяжелая	Св. 27	Не нормируется	$E_y$ , МПа	70,0	48,0	34,0	24,0	16,0	10,0	5,0	4,0	–
			$\varphi$	22°	19°	16°	13°	10°	5°	–	–	–
			$C$ , МПа	0,060	0,044	0,034	0,025	0,020	0,015	0,010	0,006	–

## Приложение Б

### Расчетные значения прочностных и деформационных характеристик конструктивных слоев дорожных одежд, предельные нагрузки на ось расчетного двухосного автомобиля, минимальная толщина конструктивных слоев дорожной одежды

Таблица Б.1 – Характеристики асфальтобетонов и эмульсионно-минеральных смесей при расчете на растяжение при изгибе под кратковременными нагрузками

Вид материала	Расчетные значения модуля упругости $E_y$ , МПа	$m$	$\alpha$	Прочность на растяжение при изгибе $R_{и}$ , МПа
<b>Горячие асфальтобетоны</b>				
Плотный, на битуме, модифицированном терморезактивными полимерами	6100	7,0	3,0	14,0
Плотный, на резинобитумном вяжущем	5800	6,9	3,2	13,8
Плотный, на битуме, модифицированном полимерами типа СБС	5500	6,9	3,3	13,0
Щебеночно-мастичный, на битуме БНД/БН марки:				
60/90	5600	5,5	5,1	11,0
90/130	4800	5,0	5,3	10,5
Плотный, на битуме БНД/БН марки:				
60/90	4500	5,5	4,3	9,8
90/130	3600	5,0	4,8	9,5
130/200	2600	4,5	5,4	9,3
Пористый, на битуме БНД марки:				
60/90	2800	4,3	8,2	8,0
90/130	2200	4,0	8,6	7,8
130/200	1800	3,8	9,0	7,6
200/300	1400	3,7	9,6	7,1
Высокопористый, на битуме БНД марки:				
60/90	2100	4,0	9,3	5,8
90/130	1700	3,8	9,8	5,5
<b>Эмульсионно-минеральные смеси по [3]</b>				
	2000	3,8	8,8	6,5
<i>Примечание</i> – Характеристики плотных асфальтобетонов даны для типа А. Для типов В и Д значения $E_y$ и $R_{и}$ уменьшают в 1,15 раза. Для асфальтобетонов типов Б и Г значения $E_y$ и $R_{и}$ увеличивают в 1,15 и 1,20 раза соответственно.				

Таблица Б.2 –Значения кратковременного модуля упругости асфальтобетонов и эмульсионно-минеральных смесей при расчете конструкции по допускаемому упругому прогибу и по условию сдвигустойчивости

Материал	Марка битума	Кратковременный модуль упругости $E_y$ , МПа, при температуре покрытия, °С		
		10	20	50
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 СГ 130/200 СГ 70/130	1000 1000 800	420 420 360	350 350 350
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
Эмульсионно-минеральные смеси по [3]		1800	1000	340

*Примечания*

1. Модули упругости плотного асфальтобетона на модифицированном битуме даны для случая его модификации термоэластопластичными полимерами типа СБС. В случае применения резинобитумных вяжущих значение  $E_y$  уменьшают в 1,05 раза. Для терморезиновых полимеров значение  $E_y$  уменьшают в 1,20 раза.
2. Модули упругости плотных асфальтобетонов даны для типа А. Для асфальтобетонов типов В и Д значение  $E_y$  уменьшают в 1,10 раза. Для асфальтобетонов типов Б и Г значение  $E_y$  увеличивают в 1,10 и 1,15 раза соответственно.
3. При использовании плотного асфальтобетона в нижнем слое покрытия на глубине более 4 см от поверхности его модуль упругости  $E_y$  при 10 °С увеличивают 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 1,10 раза, а для крупнозернистых смесей – в 1,20 раза.

Таблица Б.3 – Характеристики асфальтобетона при расчете на сдвигоустойчивость асфальтобетонных слоев

Наименование материала	Угол внутреннего трения $\phi$	Внутреннее сцепление $C$ , МПа
Асфальтобетон щебеночно-мастичный	43°	0,28
Асфальтобетон крупнозернистый горячий пористый	39°	0,29
Асфальтобетон мелкозернистый горячий плотный типа А	39°	0,27
Асфальтобетон мелкозернистый горячий плотный типа Б	38°	0,31
Асфальтобетон крупнозернистый горячий плотный типа А	38°	0,29
Асфальтобетон мелкозернистый горячий пористый	38°	0,27
Асфальтобетон крупнозернистый горячий плотный типа Б	37°	0,33
Асфальтобетон мелкозернистый горячий плотный типа В	36°	0,33
Асфальтобетон мелкозернистый горячий плотный типа Г	34°	0,37
Асфальтобетон мелкозернистый горячий плотный типа Д	32°	0,35
Вибролитой асфальт	32°	0,34
<p><i>Примечание</i> – Характеристики приведены для битума БНД 90/130. При применении битума БНД 60/90 и БМА 100/130 показатели <math>\phi</math> увеличивают в 1,05 раза, <math>C</math> – в 1,20 раза. При применении битума БМА 70/100 показатели <math>\phi</math> увеличивают в 1,06 раза, <math>C</math> – в 1,40 раза.</p>		

Таблица Б.4 – Расчетные характеристики слоев из материалов и грунтов, укрепленных вяжущими веществами

Материал слоя	Расчетные характеристики материалов	
	Модуль упругости $E_y$ , МПа	Прочность на растяжение при изгибе $R_{из}$ , МПа
Щебеночно-песчаные смеси из малоактивных металлургических шлаков по ГОСТ 3344 (С1 – С4/С5 – С6), щебеночно-песчаные смеси и крупнообломочные грунты (оптимального по СТБ 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
комплексными вяжущими	950/700	0,40/0,30
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
комплексными вяжущими	450	0,30
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
комплексными вяжущими	400	0,30
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 Б.5 – Расчетные характеристики слоев из неукрепленных материалов

Материал слоя	Расчетные характеристики материалов			
	Модуль упругости слоя $E_v$ , МПа	Внутреннее сцепление $C$ , МПа	Угол внутреннего трения $\varphi$	
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 1698, устроенный по способу заклинки:	известняковой смесью, фосфогипсом	450	0,07	48°
		350	0,06	45°
	асфальтогранулятом по СТБ 1705	440	0,06	45°
		330	0,05	44°
	фракционированным мелким щебнем и гранитным отсевом (природным песком)	400	0,05	43°
		300	0,04	42°
	Щебеночно-гравийно-песчаные смеси по ГОСТ 25607: типов С1 – С2	240	0,03	43°
		типов С3 – С11	200	0,02
	Асфальтогранулят по СТБ 1705: типа А1	240	0,05	46°
		типа А2	220	0,05
Фракционированный доломитовый щебень марки 600 и выше оптимального зернового состава по СТБ 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 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<sup>2</sup>; 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  $E_v$  допускается увеличивать в соответствии с действующими ТНПА.

Б.6 При проектировании дорожных одежд в качестве расчетных принимают нагрузки, соответствующие предельным нагрузкам на ось расчетного двухосного автомобиля, которые представлены в таблице Б.6.

Таблица Б.6 – Предельные нагрузки на ось расчетного двухосного автомобиля

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка на покрытие от колеса расчетного автомобиля $Q_{расч}$ , кН	Расчетные параметры нагрузки	
		$p$ , МПа	$D$ , м
A <sub>1</sub>	50,0	0,60	$\frac{0,37}{0,33}$
A <sub>2</sub>	57,5		$\frac{0,39}{0,37}$
A <sub>3</sub>	65,0		$\frac{0,41}{0,39}$

*Примечания*

1. В числителе приведены значения для движущегося колеса, в знаменателе – для неподвижного колеса.
2. Данные о нагрузках, передаваемых на дорожное покрытие серийно выпускаемыми автотранспортными средствами, принимают по специальным справочникам.

Таблица Б.7 – Минимальная толщина конструктивных слоев дорожной одежды

Вид материала	Минимальная толщина слоя, м
Щебеночно-гравийные материалы, обработанные органическим вяжущим	0,08
Щебень, устроенный по способу пропитки	0,10
Укрепленные грунты и малопрочные материалы, асфальтогранулят	0,12
Неукрепленные материалы, устроенные на прочном основании (на каменистом или укрепленном грунте)	0,15
Неукрепленные материалы, устроенные на песчаном основании	0,17
Неукрепленный песчаный грунт	0,50

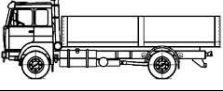
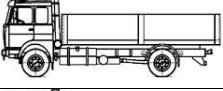
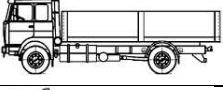
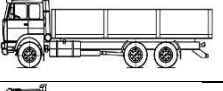
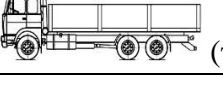
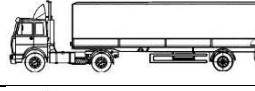
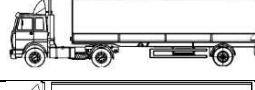
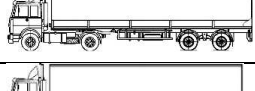
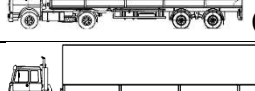

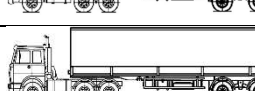
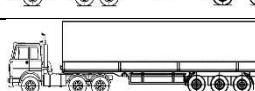
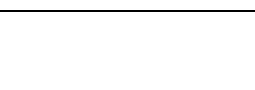
Для других конструктивных слоев дорожной одежды толщина слоя должна превышать размер наибольших частиц каменных материалов более чем в 1,5 раза (за исключением слоев из материалов, которые применяются по способу пропитки).  
Верхний слой покрытия толщиной 0,03 м и менее в расчет прочности конструкции дорожной одежды не включают.



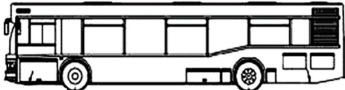
## Приложение В

### Расчетные транспортные нагрузки

Таблица В.1 – Значения суммарных коэффициентов приведения  $S_{\text{сум}}$  для различных транспортных средств

Вид транспортного средства	Коэффициенты приведения $S_{\text{сум}}$ к расчетной нагрузке		
	$K_{\text{пр}}(A_1)$	$K_{\text{пр}}(A_2)$	$K_{\text{пр}}(A_3)$
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 10,0 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 13,0т)	2,90	1,50	1,00
3.3.4  (тележка 20,0т)	3,60	1,60	1,10
3.3.5  (тележка 26,0т)	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 13,0т)	4,20	2,50	1,70
4.3  (задняя ось тягача 11,5 т)	3,00	1,90	1,10
4.4  (задняя ось тягача 13,0т)	6,20	3,50	2,20
4.5  (задняя ось тягача 11,5 т)	7,00	4,10	2,50
4.6  (тележка тягача 18,0 т)	3,00	1,90	1,10
4.7  (тележка тягача 20,0 т)	5,50	3,50	2,20
4.8  (тележка тягача 20,0 т)	7,00	4,00	2,80

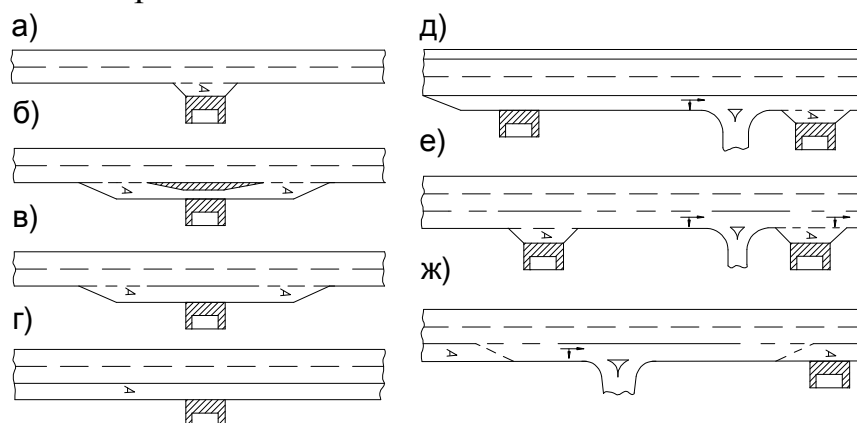
Продолжение таблицы В.1

Вид транспортного средства		Коэффициенты приведения $S_{т\text{сум}}$ к расчетной нагрузке		
		$K_{\text{пр}}(A_1)$	$K_{\text{пр}}(A_2)$	$K_{\text{пр}}(A_3)$
<b>5 Автопоезда с прицепом</b>				
5.1	 (задняя ось автомобиля 11,5 т)	2,50	1,20	0,95
5.2	 (задняя ось автомобиля 13,0 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 13,0 т)	6,40	4,00	2,80
5.5	 (тележка автомобиля 20,0 т)	4,00	2,50	1,70
5.6	 (тележка автомобиля 26,0 т)	8,10	5,00	3,50
<b>6 Автобусы</b>				
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

## Приложение Г

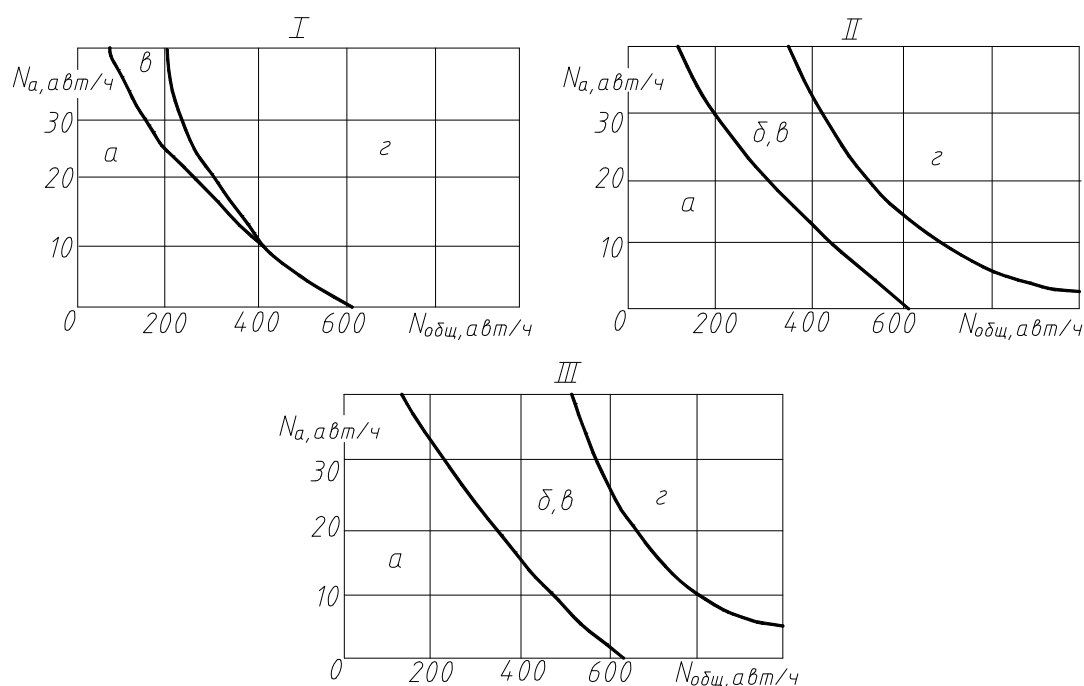
### Планировочные решения дополнительных полос в зонах автобусных остановок

На эксплуатируемых дорогах можно использовать различные планировочные решения дополнительных полос в зонах автобусных остановок (рисунок Г.1) с учетом интенсивности движения автобусов и других транспортных средств (рисунок Г.2). При проектировании новых дорог следует руководствоваться типовыми проектными решениями.



*а* – изолированная остановочная площадка (карман); *б*, *в* – дополнительная полоса с разделительным островком (*б*) или без него (*в*); *г* – обособленная дополнительная полоса между соседними автобусными остановками и пересечениями; *д*, *е*, *ж* – дополнительная полоса для совмещения движения автобусов и поворачивающих автомобилей

**Рисунок Г.1 – Варианты планировочных схем устройства автобусных остановок**



**Рисунок Г.2 – Области применения планировочных решений автобусных остановок при расстоянии между ними: I – 400 м; II – 800 м; III – 1200 м; а, б, в, г – области эффективного использования планировочных решений, показанных на рис. 20.1;  $N_a$  – интенсивность движения автобусов;  $N_{общ}$  – общая интенсивность движения транспортных средств (на одну полосу проезжей части)**

Частое расположение примыканий в одном уровне и автобусных остановок приводит к необходимости устройства *непрерывной дополнительной полосы* между примыканиями, как для движения и остановки автобусов, так и для поворота автомобилей:

– если плотность расположения примыканий на 1 км дороги не превышает единицы, а интенсивность движения автомобилей, поворачивающих направо, составляет 50 авт/ч и менее, можно допустить *остановку автобусов на дополнительной полосе* у посадочной площадки (рис. Г.1д);

– в противном случае необходимо устраивать *изолированную остановочную площадку* (карман) рядом с дополнительной полосой движения (рис. Г.1е);

– при устройстве обособленных дополнительных полос, предназначенных только для движения автобусов, в местах примыканий предусматривают *возможность заезда на эти полосы поворачивающих автомобилей* (рис. Г.1ж).

На пересечениях в одном уровне автобусные остановки рекомендуется располагать за пересечениями с совмещением полос разгона для автомобилей, поворачивающих направо, и обязательным устройством изолированной остановочной площадки для автобусов (кармана).

## **Приложение Д**

### **Пример организации дорожного движения**



## Список использованных источников

1. Леонович, И.И. Дорожная климатология: учебное пособие для студентов спец. «Автомобильные дороги». – Минск: БНТУ, 2013. – 187 с.
2. Ксенодохов, В.И. Таблицы для клотоидного проектирования и разбивки плана и профиля автомобильных дорог: справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 431 с.
3. Автомобильные дороги. Нормы проектирования: ТКП 45–3.03–19–2006. – Минск: Минстройархитектуры, 2006. – 42 с.
4. Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования: ТКП 45-3.03-112-2008. – Минск: Минстройархитектуры, 2008. – 84 с.
5. Автомобильные дороги. Размещение и обустройство объектов сервиса: ТКП 507 – 2014. – Минск: Минстройархитектуры, 2014. – 37 с.
6. Шведовский, П.В. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: учеб. пособие / П.В. Шведовский, В.В. Лукша, Н.В. Чумичева. – Минск: Новое издание; М.: ИНФРА-М, 2016. – Часть 1: План, земляное полотно. – 445 с.
7. Шведовский, П.В. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: учеб. пособие / П.В. Шведовский, В.В. Лукша, Н.В. Чумичева. – Минск: Новое издание; М.: ИНФРА-М, 2017. – Часть 2: Обустройство автомагистралей. – 340 с.
8. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения: СТБ 1300-2014. – Минск: Госстандарт, 2014. – 117 с.
9. Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические условия: СТБ 1140–2013. – Минск: БелдорНИИ, 2013. – 124 с.
10. Дорожная разметка. Общие технические условия. – СТБ 1231 – 2012. – Минск: БелдорНИИ, 2012. – 52 с.
11. Система проектной документации для строительства. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта: СТБ 2235 – 2011. – Минск: 2012. – с. 36.

Учебное издание

**Составители:**

*Чумичева Наталья Валентиновна  
Козловский Денис Станиславович*

# Проект автомобильной дороги

Пособие к выполнению курсового проекта №3

по дисциплине

***«Изыскание и проектирование  
автомобильных дорог»***

для студентов специальности  
1-70 03 01 «Автомобильные дороги»  
дневной и заочной форм обучения

Ответственный за выпуск: Чумичева Н.В.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

ISBN 978-985-493-420-4



9 789854 934204

Издательство БрГТУ.

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных  
изданий № 1/235 от 24.03.2014 г., № 3/1569 от 16.10.2017 г.

Подписано в печать 18.04.2018 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага «Performer». Гарнитура «Times New Roman».

Усл. печ. л. 5,58. Уч. изд. л. 6,0. Заказ № 533.

Тираж 21 экз. Отпечатано на ризографе учреждения  
образования «Брестский государственный технический  
университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.