



Министерство образования  
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

---

Кафедра «Проектирование дорог»

**ПРОЕКТ ТРАНСПОРТНОЙ  
РАЗВЯЗКИ  
(ПО ТИПУ «ПОЛНЫЙ  
КЛЕВЕРНЫЙ ЛИСТ»)**

*Методические указания*

Минск  
БНТУ  
2010

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

---

Кафедра «Проектирование дорог»

ПРОЕКТ ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКИ  
(ПО ТИПУ «ПОЛНЫЙ КЛЕВЕРНЫЙ ЛИСТ»)

Методические указания  
к выполнению курсового проекта по дисциплине  
«Проектирование автомобильных дорог»  
для студентов специальности 1-70 03 01  
«Автомобильные дороги»

Минск  
БНТУ  
2010

УДК 625.77.8(075.8)

ББК 39.311я7

П 79

Составители:

*И.К. Яцевич, Е.И. Кононова*

Рецензенты:

*А.А. Куприянчик, Л.Г. Расинская*

В методических указаниях изложены вопросы проектирования транспортной развязки типа «Полный клеверный лист». Подробно рассмотрены методики проектирования плана, продольного и поперечного профилей, соединительных ответвлений пересекающихся дорог. Даны рекомендации по устройству ограждений, расстановке дорожных знаков, разметке проезжей части транспортной развязки, определению объемов основных работ, разбивке соединительных ответвлений.

## Содержание

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ДОРОГ . . . . .	6
1.1. Проектирование продольного профиля автомобильной дороги, проходящей в нижнем уровне. . . . .	6
1.2. Проектирование продольного профиля верхней дороги. . . . .	10
1.3. Определение длины путепровода. . . . .	15
1.4. Назначение габарита путепровода. . . . .	19
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕВОПОВОРОТНЫХ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ОТВЕТВЛЕНИЙ. . . . .	20
2.1. Проектирование плана левоповоротных соединительных ответвлений. . . . .	20
2.1.1. Обоснование длины переходной кривой. . . . .	20
2.1.2. Определение пикетного положения основных точек плана трассы ЛПО. . . . .	24
2.2. Проектирование продольного профиля левоповоротных соединительных ответвлений. . . . .	27
2.2.1. Определение отметок фиксированных точек и продольных уклонов в них. . . . .	28
2.2.2. Расчет отметок проектной линии. . . . .	30
2.3. Проектирование поперечных профилей проезжей части и земляного полотна левоповоротных соединительных ответвлений. . . . .	33
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРАВОПОВОРОТНЫХ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ОТВЕТВЛЕНИЙ. . . . .	35
3.1. Проектирование плана трассы правоповоротных соединительных ответвлений (ППО). . . . .	35
3.1.1. Определение расстояния между осями ЛПО и ППО. . . . .	36
3.1.2. Определение длины переходной кривой на правоповоротном соединительном ответвлении. . . . .	37
3.1.3. Расчет элементов закруглений плана трассы ППО. . . . .	38
3.1.4. Определение пикетного положения основных точек правоповоротного соединительного ответвления. . . . .	39
3.2. Проектирование продольного профиля ППО. . . . .	41
3.3. Поперечные профили проезжей части ППО. . . . .	42
4. СОСТАВЛЕНИЕ РАЗБИВОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ ЛЕВО-	43

<b>И ПРАВОПОВОРОТНЫХ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ</b>	
<b>ОТВЕТВЛЕНИЙ</b> . . . . .	
4.1.	Разбивка левоповоротных соединительных ответвлений (ЛПО) . . . . . 43
4.1.1.	Разбивка ЛПО методом прямоугольных координат. . . . . 43
4.1.2.	Разбивка ЛПО методом угловых засечек. . . . . 46
4.2.	Разбивка правоповоротных соединительных ответвлений. . . . . 48
4.3.	Определение длин полос торможения и разгона. . . . . 50
4.4.	Составление разбивочных чертежей ЛПО и ППО. . . . . 52
5.	<b>РАССТАНОВКА ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ</b>
	<b>НА ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКЕ</b>
	<b>«ПОЛНЫЙ КЛЕВЕРНЫЙ ЛИСТ»</b> . . . . . 53
5.1.	Расстановка дорожных знаков в зоне разветвления потоков. . . . . 53
5.2.	Расстановка дорожных знаков в зоне слияния потоков. . . . . 55
5.3.	Составление ведомости установки дорожных знаков. . . . 56
5.4.	Составление схемы расстановки дорожных знаков. . . . . 57
6.	<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ</b>
	<b>НА ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКЕ</b>
	<b>«ПОЛНЫЙ КЛЕВЕРНЫЙ ЛИСТ»</b> . . . . . 58
6.1.	Проектирование дорожной разметки в зоне разветвления и слияния транспортных потоков на правоповоротном соединительном ответвлении. . . . . 59
6.2.	Дорожная разметка в зоне разветвления и слияния потоков на левоповоротных соединительных ответвлениях. . . . . 61
6.3.	Составление ведомости устройства дорожной разметки. . . 64
7.	<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОГРАЖДЕНИЙ НА ТРАНСПОРТНОЙ</b>
	<b>РАЗВЯЗКЕ «ПОЛНЫЙ КЛЕВЕРНЫЙ ЛИСТ»</b> . . . . . 65
7.1.	Общие сведения о дорожных ограждениях. . . . . 65
7.2.	Классификация и конструкция металлических ограждений. . . . . 66
7.3.	Выбор конструкции металлического ограждения. . . . . 70
7.4.	Расположение рабочих участков металлических ограждений в поперечном сечении дорожного полотна. . . . . 75
7.5.	Начальные и конечные участки металлических . . . . . 76

ограждений. . . . .	
7.6. Проектирование металлического ограждения в зоне разветвления и слияния потоков. . . . .	78
7.6.1. Проектирование ограждений в зоне разветвления и слияния потоков на ЛПО, ППО без переходно-скоростных полос. . . . .	79
7.6.2. Определение величин $X_n$ и $S_n$ на сопряжении ППО и дороги I, II, и III категорий. . . . .	82
7.7. Последовательность проектирования ограждения в курсовом проекте. . . . .	83
7.7.1. Последовательность проектирования ограждений на дороге № 1, проходящей в верхнем уровне. . . . .	84
7.7.2. Последовательность проектирования ограждений на ЛПО и ППО. . . . .	86
7.7.3. Составление ведомости проектируемых ограждений. . . . .	87
7.8. Ограждение опор путепроводов. . . . .	88
7.9. Примеры проектирования ограждений на ТР «Полный клеверный лист». . . . .	88
7.9.1. Пример № 1. . . . .	88
7.9.2. Пример проектирования ограждения на транспортной развязке «Полный клеверный лист». . . . .	95
8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ. . . . .	97
8.1. Расстановка сигнальных столбиков. . . . .	97
8.1.1. Расстановка сигнальных столбиков на пересекающихся дорогах. . . . .	99
8.1.2. Расстановка сигнальных столбиков на соединительных ответвлениях. . . . .	99
8.2. Расстановка укороченных сигнальных столбиков и сигнальных щитков. . . . .	100
8.3. Составление ведомости расстановки сигнальных столбиков. . . . .	101
ЛИТЕРАТУРА. . . . .	102

## 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ДОРОГ

Карта участка местности (задание) переносится на ватман в масштабе 1:2000 формата А1 методом сетки. На этом плане наносят положение осей пересекающихся дорог и разбивают пикетаж. На пикетах и плюсовых точках вычисляют черные отметки (отметки земли). Черные отметки в точке пересечения осей дорог должны быть одинаковы для дороги № 1 и дороги № 2. На основе черных отметок строят черные профили пересекающихся дорог в масштабах: горизонтальный 1:5000, вертикальный 1:500. Исходя из рельефа местности, принимают решение о прохождении дорог в верхнем или нижнем уровне в зоне пересечения их с тем, чтобы объемы работ были минимальными, проектные линии дорог имели хорошие параметры.

Проектирование продольных профилей пересекающихся дорог начинают с дороги, проходящей в нижнем уровне.

### 1.1. Проектирование продольного профиля автомобильной дороги, проходящей в нижнем уровне

Проектная линия нижней дороги должна удовлетворять требованиям ТКП [1]:

– продольные уклоны не более значений, приведенных в таблице 1.1;

– переломы проектной линии сопрягаются вертикальными кривыми при алгебраической разности их более 2 % на дорогах I, II категорий, более 5 % на дорогах III, IV, V категорий (при этом длина прямой должна составлять не менее 150 м);

– наименьшие радиусы кривизны проектной линии в соответствии с таблицей 1.1

Таблица 1.1

Категория дороги	Наибольший продольный уклон, %	Наименьший радиус кривизны, м	
		выпуклой кривой	вогнутой кривой
I-a	40	25000	8000
I-б, I-в, II	40	15000	6000
III	50	8000	4000
IV	60	4000	2500
V	70	1500	1500

Проектная линия нижней дороги может проходить по обертывающей или по секущей. При проектировании по обертывающей учитывают руководящие рабочие отметки и ограничивающие отметки на пересечении водотоков. При проектировании по секущей в случае прохождения дороги в выемке следует также принимать продольный уклон проектной линии не менее 5 %.

Руководящая рабочая отметка (минимальная высота насыпи) назначается в зависимости от типа местности по увлажнению поверхностными и грунтовыми водами.

Типы местности назначают по таблице 1.2.

Таблица 1.2

Тип местности	Источник увлажнения	Характерные признаки
1-й (сухие места)	Атмосферные осадки	Поверхностный сток обеспечен. Подземные воды не оказывают влияния на увлажнение грунта. Почвы без признаков заболачивания
2-й (сухие места)	Кратковременно стоящие (до 30 суток) поверхностные воды; атмосферные осадки	Поверхностный сток не обеспечен. Рельеф местности равнинный. Весной и осенью возможен застой воды на поверхности. Подземные воды не оказывают влияния на увлажнение грунтов. Почвы с признаками заболачивания
3-й (мокрые места)	Грунтовые или длительные (более 30 суток) поверхностные воды; атмосферные осадки	Источники увлажнения оказывают влияние на увлажнение почв и грунтов независимо от условий поверхностного стока. Почвы заболочены

*Примечания:* 1. Подземные воды не оказывают влияния на увлажнение верхней толщи грунтов в случае, если их уровень в предморозный период залегает ниже глубины промерзания не менее чем на 2,0 м при глинах, суглинках тяжелых пылеватых и тяжелых; на 1,5 м в суглинках легких пылеватых и легких супесях тяжелых пылеватых и пылеватых; на 1,0 м в супесях легких, легких крупных и песках пылеватых.

2. Поверхностный сток считается обеспеченным при уклонах поверхности местности в пределах полосы отвода более 2 %.



При первом типе местности (сухие места) требуемая высота насыпи определяется по обеспечению снегонезаносимости на открытых участках:

$$h_{p,1} = h_{сн,5\%} + \Delta h + (0,5b + c) i_{п} + (a - c) i_{o} , \quad (1.1)$$

где  $h_{сн,5\%}$  – расчетная 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, принимают равным 1,2 м для дорог I-а категории; 1,0 м для дорог I-б, I-в категорий; 0,7 м для II; 0,6 м для III; 0,5 м для IV и V;

$b$  – ширина проезжей части дорог II–V категорий или проезжей части одного направления дороги I категории;

$a$  – ширина обочины;

$c$  – ширина укрепленной полосы или остановочной полосы дорог I-а и I-б категорий;

$i_{п}$ ,  $i_{o}$  – поперечный уклон проезжей части и обочины.

На сырых (2-й тип) и мокрых (3-й тип) участках руководящая рабочая отметка (минимальная высота насыпи) определяется по обеспечению хорошего водного режима земляного полотна:

$$h_{p,2} = h_{\min,2} + H_{д,о} + (0,5b + c) i_{п} , \quad (1.2)$$

$$h_{p,3} = h_{\min,3} + H_{д,о} + (0,5b + c) i_{п} - H_0 , \quad (1.3)$$

где  $h_{\min,2}$ ,  $h_{\min,3}$  – минимальное возвышение низа дорожной одежды над поверхностью земли с необеспеченным стоком ( $h_{\min,2}$ ) или над уровнем вод ( $h_{\min,3}$ ), принимаемое по таблице 1.3;

$H_{д,о}$  – толщина дорожной одежды

$b$ ,  $i_{п}$  – ширина и поперечный уклон проезжей части;

$H_0$  – глубина залегания воды.

Таблица 1.3

Грунт рабочего слоя	Необходимое возвышение низа дорожной одежды для типов местности, м	
	2-й	3-й
Песок средний крупнозернистый, 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

Ограничивающими точками проектной линии в случае нижней дороги являются пересечения малых водотоков с помощью водопропускных труб. Анализируя черный профиль нижней дороги и рельеф местности, устанавливают положение водопропускной трубы.

Минимальная отметка проектной линии у труб определяется по двум условиям:

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

$$H_{\min} = H_{\text{тр}} + d + t + 0,5 + h_{\text{д.о}} + i_{\text{п}}(0,5b + c), \quad (1.4)$$

где  $H_{\text{тр}}$  – отметка лотка трубы (в курсовом проекте принимается равной черной отметке);

$d$  – внутренний диаметр круглой трубы или высота прямоугольной (в курсовом проекте может быть принята равной 1,0 м для III, IV, V категорий дорог и 1,2 м для дорог II и I категорий);

$t$  – толщина стенки верха трубы ( $t = 0,1$  м);

$h_{\text{д.о}}$  – толщина дорожной одежды (по заданию);

$i_{\text{п}}$  – поперечный уклон проезжей части;

$b, c$  – обозначения в формуле (1.2);

б) по возвышению бровки обочины  $h_{\text{б}}$  над уровнем воды (УПВ), равному 0,5 м при безнапорном режиме протекания воды:

$$H_{\min} = \text{УПВ} + h_{\text{б}} + i_{\text{о}}(a - c) + i_{\text{п}}(0,5b + c), \quad (1.5)$$

где  $i_{\text{о}}, a, c, i_{\text{п}}, b$  – обозначения в формуле (1.2).

Пример нанесения проектной линии по обертывающей представлен на рисунке 1.1.

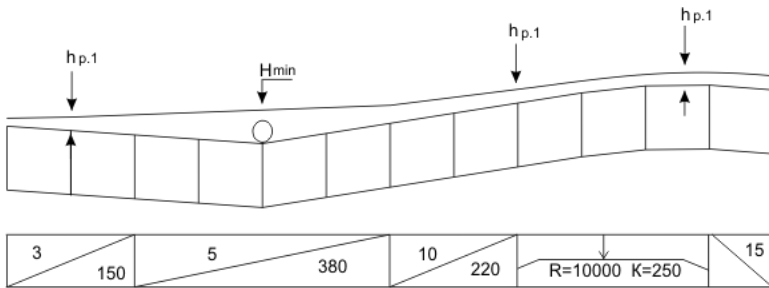


Рисунок 1.1 – Пример нанесения проектной линии дороги, проходящей в нижнем уровне по обертывающей

## 1.2. Проектирование продольного профиля верхней дороги

Проектирование продольного профиля верхней дороги начинают с назначения минимальной отметки проектной линии на путепроводе.

В курсовом проекте рекомендуется принять балочные путепроводы. Их схемы на пересечении дорог в случае прохождения в нижнем уровне дорог II, III, IV, V категорий – трехпролетные, I категории – четырехпролетные (рисунок 1.2).

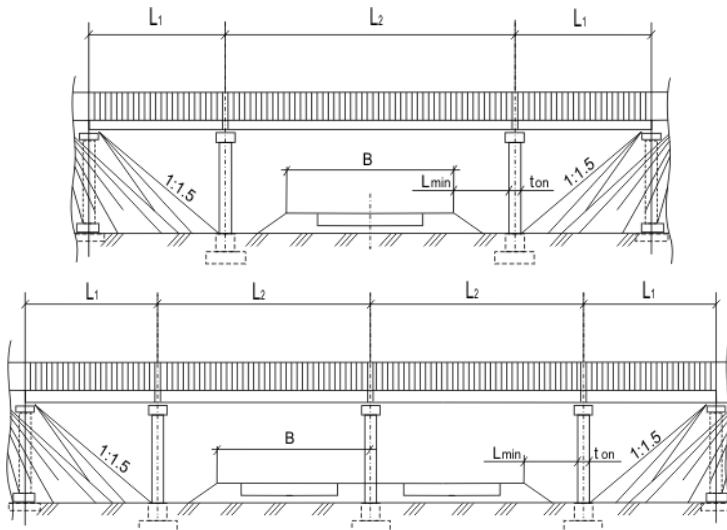


Рисунок 1.2 – Схема балочных трехпролетных и четырехпролетных путепроводов

Проектная линия верхней дороги в зоне пересечения дорог чаще всего является выпуклой кривой (рисунок 1.3, а), минимальный радиус

кривизны которой должен соответствовать требованиям ТКП [1], приведенным в таблице 1.1.

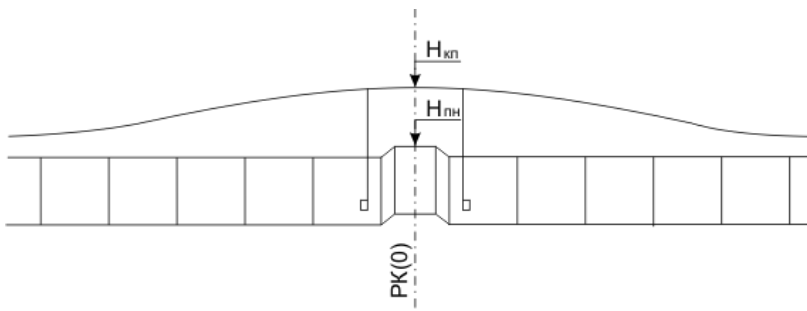


Рисунок 1.3 – Схема проектной линии верхней дороги на вертикальной кривой с расположением вершины на путепроводе

В этом случае минимальная отметка проектной линии на трехпролетном путепроводе определяется по формуле (рисунок 1.3)

$$H_{кп} = H_{пн} + 5,0 + 0,2 + C_{п} , \quad (1.6)$$

где  $H_{пн}$  – проектная отметка дороги, проходящей в нижнем уровне;

5,0 – автодорожный габарит;

0,2 – запас габарита на усиление дорожной одежды при реконструкции;

$C_{п}$  – строительная высота пролетного строения.

Для четырехпролетного путепровода, расположенного над дорогой I категории с четырьмя полосами движения, минимальная отметка проектной линии определяется по формуле

$$H_{кп} = H_{пн} + i_{п} b + 5,0 + 0,2 + C_{п} , \quad (1.7)$$

где  $i_{п}$  – поперечный уклон проезжей части ( $i_{п} = 25 \%$ );

$b$  – ширина полосы движения, равная 3,75 м для дороги I-а категории и 3,50 м для дорог I-б и I-в категорий.

Строительная высота пролетного строения балочных путепроводов определяется по формуле

$$C_{\Pi} = h_{\text{б}} + \Delta C, \quad (1.8)$$

где  $h_{\text{б}}$  – высота балки, м;

$\Delta C$  – толщина дорожной одежды, гидроизоляции (в курсовом проекте можно принять  $\Delta C = 0,16$  м).

Высота балки зависит от ее длины. Типовые длины балок 12, 15, 18, 21, 24 и 33 м. Для этих длин балок их высота по типовому проекту 3.503.1-81 приведена в таблице 1.4.

Таблица 1.4

Длина балки, м	12; 15	18; 21; 24	33
Высота балки, см	90	120	150

Длина балки определяется требуемой длиной пролетного строения, расположенного над дорожным полотном. Для случаев, представленных на рисунке 1.2, требуемая длина пролетного строения  $L_{\Gamma,2}$  трехпролетного путепровода определяется по формуле (1.9а), а для четырехпролетного – по формуле (1.9б):

$$L_{\Gamma,2} = (B + 2l_{\text{min}} + t_{\text{оп}}) / \sin \alpha, \quad (1.9а)$$

$$L_{\Gamma,2} = (B + l_{\text{min}} + 0,5t_{\text{оп}}) / \sin \alpha, \quad (1.9б)$$

где  $B$  – ширина дорожного полотна нижней дороги с учетом дополнительных полос на ней (см. рисунок 1.2);

$l_{\text{min}}$  – минимальное расстояние от бровки обочины до опоры путепровода, равное по ТКП [1] 2 м для дорог I, II, III категорий и 0,5 м для дорог IV, V категорий;

$t_{\text{оп}}$  – толщина опор путепровода (в курсовом проекте может быть принята равной 0,4 м).

При использовании формулы (1.9б) принимают величину  $B$ , равную расстоянию от оси дороги до бровки обочины, то есть половину дорожного полотна.

Дополнительные полосы (торможения и разгона) следует предусматривать на дорогах I, II и III категорий шириной, равной ширине основных полос. При этом ширину обочин на участке дополнительных полос допускается принимать 1,5 м для дорог I-б, I-в и II катего-

рий, 1,0 м для дорог III категории. На дороге I-а категории обочина должна быть 3,75 м.

Значение требуемой длины пролетного строения  $L_{T,2}$ , полученное по формуле (1.9), сопоставляется с типовыми длинами пролетов, приведенными в таблице 1.4. Для проектирования принимается ближайший больший пролет и соответствующая ему высота балки.

В случае, если черный профиль верхней дороги имеет продольный уклон значительной величины, проектная линия верхней дороги в зоне путепровода может быть прямой (рисунок 1.4) с уклоном, не превышающим предельных значений, приведенных в таблице 1.1.

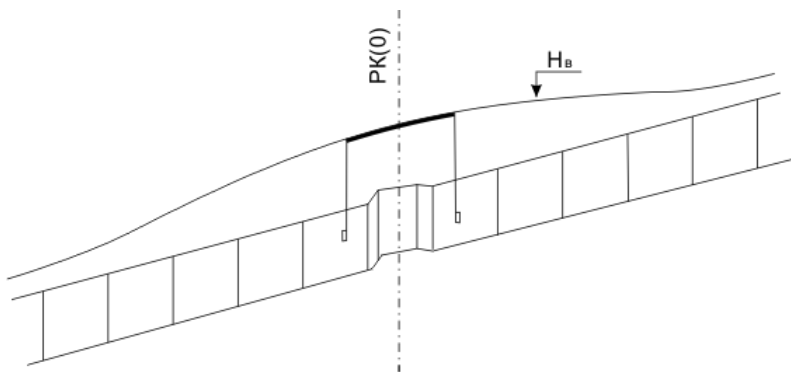


Рисунок 1.4 – Схема проектной линии верхней дороги с расположением вершины выпуклой кривой вне путепровода

Если продольный уклон проектной линии верхней дороги будет превышать по абсолютной величине поперечный уклон проезжей части нижней дороги (рисунок 1.5), то положение контрольной отметки смещается на кромку проезжей части дорог II, III, IV, V категорий (см. рисунок 1.5) или на кромку проезжей части со стороны обочины дорог I категории (рисунок 1.6).

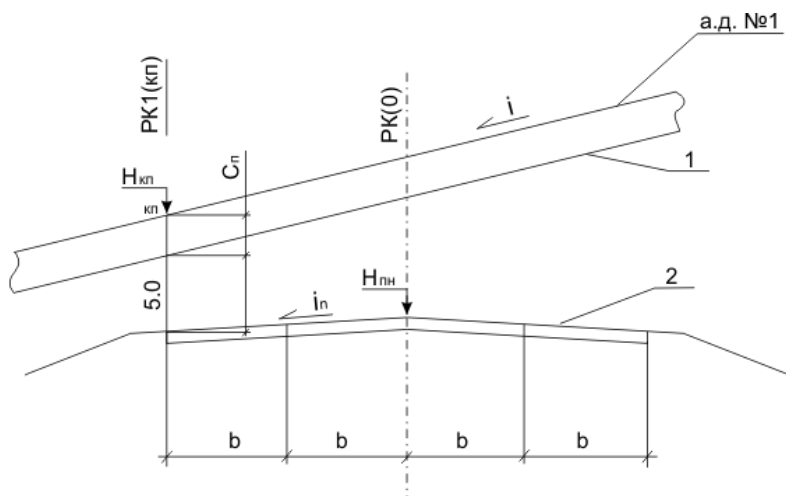


Рисунок 1.5 – Схема к определению контрольной отметки на путепроводе при  $i > i_n$  для дорог II–V категорий

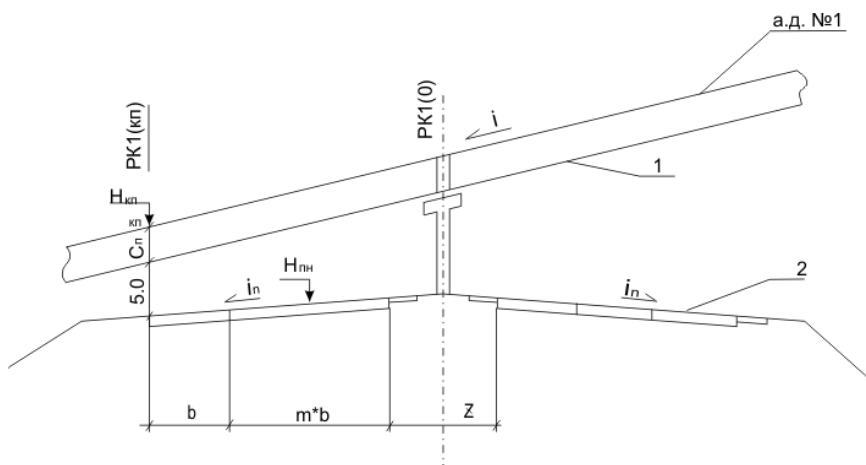


Рисунок 1.6 – Схема к определению контрольной отметки на путепроводе при  $i > i_n$  для дорог I категории

На верхней дороге № 1 контрольная отметка расположена на пикете РК1(КП) и имеет отметку  $H_{кп}$  в случае дорог категории:

а) II, III, IV, V:

$$PKI(KП) = PKI(O) \mp n \cdot b; \quad (1.10)$$

$$H_{кп} = H_{пн} - i_{п}(n \cdot b) + 5,0 + 0,20 + C_{п}, \quad (1.11)$$

б) I-а, I-б, I-в:

$$PKI(KП) = PKI(O) \mp (0,5z + m \cdot b + b); \quad (1.12)$$

$$H_{кп} = H_{пн} - i_{п}(0,5 \cdot m \cdot b + b) + 5,0 + 0,2 + C_{п}, \quad (1.13)$$

где PKI(O) – пикетное положение на верхней дороге № 1 точки пересечения осей дорог;

$n$  – число полос одного направления на нижней дороге с учетом дополнительной ( $n = 2$  для II и III категорий;  $n = 1$  для IV и V категорий);

$b$  – ширина полосы движения (3,75 для I-а; 3,50 для I-б, I-в, II, III; 3,0 для IV);

$z$  – ширина разделительной полосы (в курсовом проекте принимается  $z = 5,0$  м);

$H_{пн}$  – проектная отметка нижней дороги на пересечении осей дорог;

$C_{п}$  – строительная высота пролетного строения, определяется по формуле (1.8);

$m$  – число полос движения одного направления на дорогах I категории (без учета дополнительных);

### 1.3. Определение длины путепровода

Длиной путепровода считают расстояние от начала пролетного строения до его конца по оси верхней дороги (рисунок 1.7).

По данным продольного профиля нижней и верхней дорог вычерчивают в масштабе продольный разрез верхней дороги и поперечное сечение нижней дороги в предположении, что угол пересечения дорог  $\alpha = 90^\circ$  (рисунки 1.8, 1.9). Определяют требуемую длину путепровода  $L_{пв}$  при угле пересечения дорог, равном  $90^\circ$ .





Из рисунков 1.8 и 1.9 следует, что при прохождении нижней дороги в насыпи требуемая длина путепровода при  $\alpha = 90^\circ$ :

$$L_{\text{пт}} = B + 2[m_1 \cdot h_1 + b_k + m_2(H_{\text{кп}} - H_{\text{ч}})], \quad (1.14)$$

где  $B$  – ширина дорожного полотна;

$m_1$  – заложение откоса насыпи (в курсовом проекте можно принять  $m_1 = 3$  для дорог I-б, I-в, II, III, IV, V категорий и  $m_1 = 4$  для дороги I-а категории);

$m_2$  – заложение откоса конца подхода ( $m_2 = 1,5$ );

$h_1$  – высота насыпи по бровке обочины:

$$h_1 = H_{\text{пн}} - H_{\text{ч}} - \Delta Y, \quad (1.15)$$

где  $H_{\text{пн}}$  – проектная отметка нижней дороги на пересечении осей дорог;

$H_{\text{ч}}$  – черная отметка на пересечении дорог;

$\Delta Y$  – снижение отметки бровки обочины относительно проектной отметки, вычисляется по данным о поперечном профиле дорожного полотна нижней дороги;

$b_k$  – расстояние между подошвами насыпей нижней и верхней дорог (в курсовом проекте можно принять 0,4–1,0 м).

В случае прохождения нижней дороги в выемке требуемая длина путепровода при  $\alpha = 90^\circ$  вычисляется по формуле

$$L_{\text{пт}} = B + 2[m_1 \cdot h_k + b_k + m_2(H_{\text{пв}} - H_{\text{пн}} + \Delta Y + h_k)], \quad (1.16)$$

где  $B$ ,  $m_1$ ,  $m_2$  – аналогично (1.14);

$h_k$  – глубина кювета, зависит от вида грунта (в курсовом проекте можно принять равной 0,6 м);

$H_{\text{пв}}$ ,  $H_{\text{пн}}$  – проектные отметки верхней и нижней дорог в точке пересечения их осей.

Полученную по формуле (1.14) или (1.16) требуемую длину путепровода корректируют на угол пересечения дорог, отличный от  $90^\circ$ :

$$L_{\text{пт}, \alpha} = L_{\text{пт}} / \sin \alpha. \quad (1.17)$$

Далее вычисляют длину крайних пролетов путепровода (см. рисунок 1.2):

а) трехпролетного:

$$L_{Г1} = (L_{п\alpha} - L_2) / 2, \quad (1.18)$$

б) четырехпролетного:

$$L_{Г1} = (L_{п\alpha} - 2L_2) / 2, \quad (1.19)$$

где  $L_2$  – принятая типовая длина среднего пролета.

Полученную по формуле (1.18) или (1.19) требуемую длину крайнего пролета сопоставляют с длиной типовых балок и для дальнейшего проектирования принимают значение длины ближайшей большей балки  $L_1$ .

Общая длина путепровода:

а) трехпролетного:

$$L_{п} = 2L_1 + L_2 + 0,1, \quad (1.20)$$

б) четырехпролетного:

$$L_{п} = 2(L_1 + L_2) + 0,15. \quad (1.21)$$

Пикетное положение начала путепровода в пикетаже верхней дороги № 1

$$НП = РК1(О) - L_{п} / 2, \quad (1.22)$$

где РК1(О) – пикетное положение на дороге № 1 точки пересечения осей дорог.

Информацию о путепровode обозначают на продольных профилях верхней и нижней дорог (рисунок 1.10).

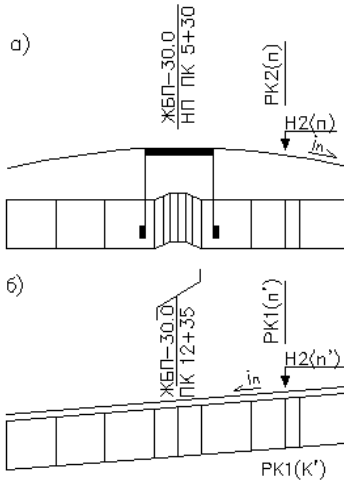


Рисунок 1.10 – Фрагмент продольного профиля дороги, расположенной:  
 а – в верхнем уровне; б – в нижнем уровне

#### 1.4. Назначение габарита путепровода

Габарит путепровода зависит от ширины проезжей части и ширины полос безопасности. Полоса безопасности – расстояние от кромки проезжей части до границы ограждающего устройства безопасности.

Габариты путепроводов в соответствии с ТКП [1] принимаются по таблице 1.5.

Таблица 1.5

Категория дороги	Число полос движения	Ширина		Габарит путепровода Г
		правой полосы безопасности П	проезжей части	
I-а	4+2	2,5	2х11,25	15,75+z+15,75
I-б, I-в	4+2	2,0	2х10,5	14,5+z+14,5
II	2+2	2,0	14,0	18
III	2+2	1,5	14,0	17
IV	2+0	1,0	6,0	8
V	2+0	0,5	5,5	6,5

*Примечания:* 1. Ширину разделительной полосы  $z$  принимать равной аналогичной на подходах к путепроводу, но не менее ширины ограждения плюс 2 м. В курсовом проекте можно принять  $z = 3$  м с устройством на ней ограждения.

2. При наличии ограждения на разделительной полосе дорог I категории следует предусмотреть левую полосу безопасности (со стороны ограждения) шириной не менее 2,0 м. В этом случае габарит путепровода увеличится на ширину этих полос.

**Пример.** Дорога I-а категории имеет 4 полосы движения шириной 3,75 м каждая и полосы торможения и разгона шириной 3,75 м. На разделительной полосе шириной 3 м установлено барьерное мостовое ограждение. Требуется определить габарит путепровода.

Так как ширина полосы безопасности равна 2,5 м справа и 2,0 м слева от проезжей части шириною в каждом направлении ( $3,75 \times 3$ ), то габарит путепровода:

$$\Gamma = (2,5 + 11,25 + 2,0) + 3,0 + (2,0 + 11,25 + 2,5);$$

$$\Gamma = 15,75 + 3,0 + 15,75.$$

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕВОПОВОРОТНЫХ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ОТВЕТВЛЕНИЙ

### 2.1. Проектирование плана левоповоротных соединительных ответвлений

#### 2.1.1. Обоснование длины переходной кривой

Длину переходной кривой определяют по условию: удобства пассажиров с учетом требований ТКП [1].

По заданному радиусу  $R$  круговой кривой рассчитывают скорость движения автомобиля по левоповоротному соединительному ответвлению (ЛПО):

$$V = \sqrt{127 \cdot R(\mu + i_b)}, \text{ км/ч}, \quad (2.1)$$

где  $\mu$  – коэффициент поперечной силы, определяемый по формуле (2.2) подбором, принимая в начале  $\mu = 0,15$ :

$$\mu = 0,2 - 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot V, \quad (2.2)$$

$i_b$  – уклон виража, принимаемый равным 0,040 для северной части Республики Беларусь, 0,045 для центральной и 0,050 для южной части.

Минимальная длина переходной кривой по условию удобства пассажиров определяется по формуле

$$L = V^3 / (47 \cdot I \cdot R), \quad (2.3)$$

где  $V$  – скорость движения автомобиля, соответствующая радиусу  $R$  кривой;

$I$  – скорость нарастания центробежного ускорения, принимается равной  $0,4 \text{ м/с}^3$ .

Полученную по формуле (2.3) длину переходной кривой  $L$  сопоставляют с нормами ТКП [1], приведенными в таблице 2.1, и для дальнейших расчетов принимают большее значение.

Таблица 2.1

Радиус круговой кривой, м	300	250	200	150	100	60	50	30
Длина переходной кривой, м	130	100	90	80	70	60	50	40

Отгон виража начинается в поперечном сечении проезжей части, проходящем через точку  $K$  на оси ЛПО (рисунок 2.1). В этом сечении кромки покрытия главной проезжей части и ЛПО расходятся. После разделения этих кромок (после точки  $K$ ) поперечный профиль изменяется от  $i_{пк}$  до  $i_b$  в точке  $B$ . Примем уклон  $i_{пк} = i_{п}$ .

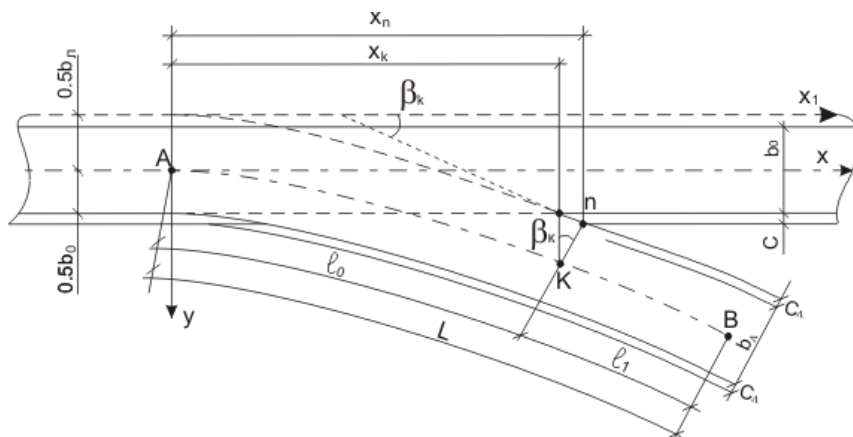


Рисунок 2.1 – Схема к определению длины переходной кривой по условию проектирования отгона виража

В этом случае минимальная длина отгона поперечного уклона равна

$$l_{\text{отг}} = 0,5b_{\text{л}}(i_{\text{в}} - i_{\text{п}})/i_{\text{доп}}, \quad (2.4)$$

где  $b_{\text{л}}$  – ширина проезжей части ЛПО ( $b_{\text{л}} = 5,0$  м для однопутной проезжей части);

$i_{\text{в}}$  – уклон виража на ЛПО, который принимается равным 0,040, 0,045 или 0,050 ‰ в северной, центральной или южной части Республики Беларусь соответственно;

$i_{\text{п}}$  – поперечный уклон проезжей части ЛПО ( $i_{\text{п}} = 0,020$ );

$i_{\text{доп}}$  – дополнительный уклон внешней кромки проезжей части ЛПО, равный 0,005 при расчетной скорости более 60 км/ч и 0,010 при расчетной скорости 60 км/ч и менее.

Для размещения отгона поперечного профиля на части соединительного ответвления от точки К до точки В (см. рисунок 2.1) должно выполняться условие

$$l_1 \geq l_{\text{отг}}. \quad (2.5)$$

Расстояние  $l_1$  определяют методом последовательного приближения исходя из выполнения условия (2.5).

Вначале определяют требуемую длину участка переходной кривой от точки А до точки К:

$$l_{01} = L - l_{\text{отг}}. \quad (2.6)$$

Вычисляют радиус кривизны и угол касательной к переходной кривой в точке К:

$$\rho_{\text{к}} = RL/l_{01}; \quad (2.7)$$

$$\beta_{\text{к}} = 0,5 \cdot l_{01}/\rho_{\text{к}}, \text{ радианы.} \quad (2.8)$$

Находят значение координаты точки К (см. рисунок 2.1):

$$y_{\text{к}\beta} = 0,5 \cdot b_0 + c + (0,5 \cdot b_{\text{л}} + c_{\text{л}}) \cdot \cos \beta_{\text{к}}, \quad (2.9)$$

где  $b_0$  – ширина полосы движения, сопрягаемой ЛПО;

$b_{\text{л}}$  – ширина однополосной проезжей части ЛПО;

$c$  – ширина укрепленной полосы;

$c_{\text{л}}$  – ширина укрепленной полосы ЛПО ( $c_{\text{л}} = 0,25$  м).

Определяют требуемое значение длины участка переходной кривой до точки К по значению  $y_{\text{кв}}$ , полученному по (2.9):

$$l_{02} = \sqrt[3]{6RLy_{\text{кв}}}. \quad (2.10)$$

Вычисляют значение  $l_{1n}$ :

$$l_{1n} = L - l_{02}.$$

Проверяют условие (2.5). Если условие (2.5) не выполняется, то принимаем поперечный уклон проезжей части в сечении ЛПО, проходящем через точку К, равным:

$$i_{\text{нк}} = i_{\text{в}} - 2h_{\text{доп}}/b_{\text{л}}. \quad (2.11)$$

Если условие (2.5) выполнено, то принимают  $h_1 = l_{1n}$ ;  $l_0 = l_{02}$ , вычисляют координаты точек К, В и  $n$ :

$$x_{\text{к}} = l_0 - \frac{l_0^5}{40(RL)^2}; \quad y_{\text{к}} = \frac{l_0^3}{6RL} - \frac{l_0^7}{336(RL)^3}; \quad (2.12)$$

$$x_{\text{в}} = L - \frac{L^3}{40R^2}; \quad y_{\text{в}} = \frac{L^2}{6R} - \frac{L^4}{336R^3}; \quad (2.13)$$

$$x_n = x_{\text{к}} + (0,5b_{\text{л}} + c_{\text{л}}) \sin \beta_{\text{к}}, \quad (2.14)$$

где  $b_{\text{л}}$  – ширина проезжей части однополосного ЛПО;

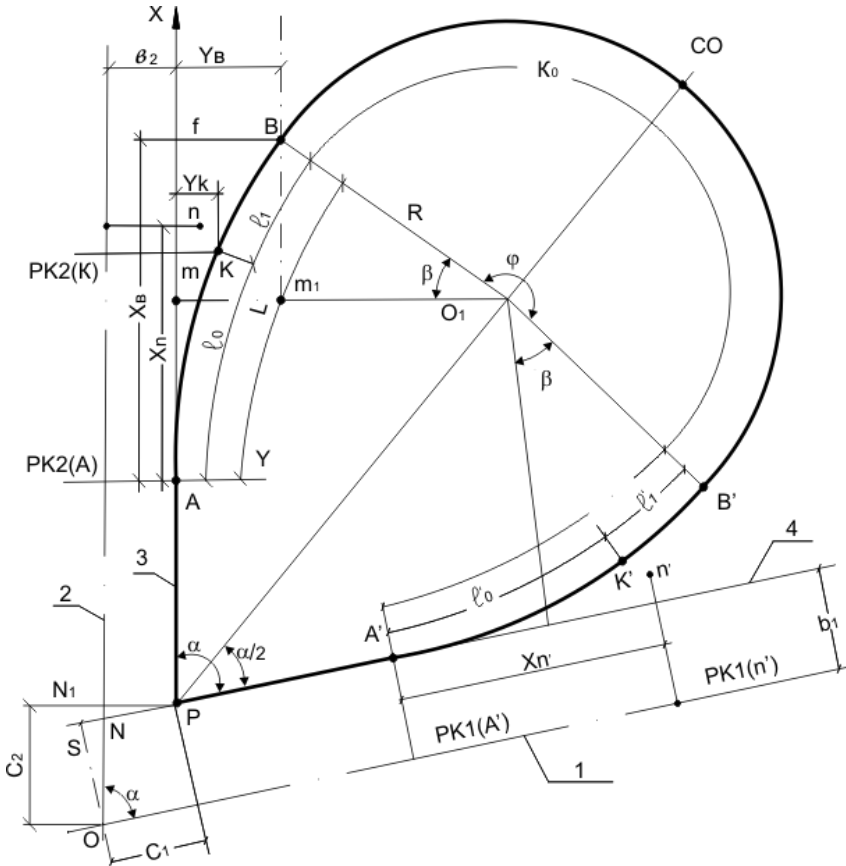
$\beta_{\text{к}}$  – по формуле (2.8).

*Примечание:* если ширина полос движения  $b_0$  пересекающихся дорог различна, то положение точек К и  $n$  определяется для каждой дороги.



### 2.1.2. Определение пикетного положения основных точек плана трассы ЛПО

План трассы ЛПО состоит (рисунок 2.2) из переходной кривой АВ, круговой кривой ВВ' и переходной кривой А'В'. План трассы ЛПО в курсовом проекте симметричен относительно биссектрисы угла  $\alpha$ . Поэтому  $AB = A'B' = L$ .



1, 2 – оси пересекающихся дорог; 3 – ось полосы, с которой начинается ЛПО;  
4 – ось полосы, на которой заканчивается ЛПО

Рисунок 2.2 – Схема к расчету элементов плана трассы левоповоротного соединительного ответвления

Требуется определить пикетное положение точек А, К на дороге № 2, точек А' и К' на дороге № 1. Кроме того, необходимо вычислить пикетное положение точек К, В, СО (середина ЛПО), В', К' и А' на ЛПО.

Обозначение пикетного положения включает номер дороги (или номер ЛПО) и наименование точки в скобках. Так, обозначение пикетного положения точек К и К' будет РК2(К) и РК1(К'), а точки В на ЛПО1 – РКЛПО1(В).

Пикетное положение точек А и  $n$  на дороге № 2 (рисунки 2.1, 2.2):

$$PK2(A) = PK2(O) \pm C_2 \pm PA; \quad (2.15)$$

$$PK2(n) = PK2(A) \pm x_n, \quad (2.16)$$

где РК2(О) – пикетное положение на дороге № 2 точки пересечения оси дороги № 2 с осью дороги № 1 (по заданию);

$C_2$  – смещение точки пересечения полос движения, сопрягаемых ЛПО, относительно точки О (см. рисунок 2.2);

РА – расстояние от точки Р до начала ЛПО;

$x_n$  – вычисляется по формуле (2.14).

В формулах (2.15) и (2.16) знаки «+» или «-» принимают в зависимости от направления пикетажа на пересекающихся дорогах.

Величину смещения точки Р от точки О (см. рисунок 2.2) вычисляют по формулам:

при угле  $\alpha \leq 90^\circ$  (для двух противоположных ЛПО):

$$C_1 = b_1 \cdot ctg\alpha + b_2 / \sin\alpha; \quad (2.17a)$$

$$C_2 = b_2 \cdot ctg\alpha + b_1 / \sin\alpha, \quad (2.17b)$$

при угле  $\alpha > 90^\circ$ :

$$C_1 = b_2 / \sin(180 - \alpha) - b_1 \cdot ctg(180 - \alpha); \quad (2.18a)$$

$$C_2 = b_1 / \sin(180 - \alpha) - b_2 \cdot ctg(180 - \alpha), \quad (2.18b)$$

где  $b_1$  – расстояние между осью 1 дороги № 1 и осью полосы 4, на которой заканчивается ЛПО;

$b_2$  – расстояние между осью 2 дороги № 2 и осью полосы 3, с которой начинается ЛПО;

$\alpha$  – острый угол пересечения осей 1 и 2 дорог (по заданию).

Расстояние РА до начала ЛПО (см. рисунок 2.2) определяется по формуле

$$PA = (y_B + R \cos \beta) \operatorname{ctg}(\alpha/2) + R \sin \beta - x_B, \quad (2.19)$$

где  $x_B, y_B$  – координаты конца переходной кривой, вычисляются по формуле (2.13);

$\beta$  – угол переходной кривой:

$$\beta = 0,5L/R, \text{ радианы; } \beta = \frac{0,5L \cdot 180}{\pi R}, \text{ градусы.} \quad (2.20)$$

В курсовом проекте рассматривают случай симметричного относительно биссектрисы угла  $\alpha$  плана трассы ЛПО. Поэтому принимают значения длины переходных кривых АВ и А'В' одинаковыми, равными  $L$ . Пикетное положение точек А' и  $n'$  на дороге № 1 (см. рисунок 2.2) вычисляют по формулам, аналогичным (2.15), (2.16), принимая  $PA' = PA$  и  $x_n = x_{n'}$ :

$$PKI(A') = PKI(O) \pm C_1 \pm PA; \quad (2.21)$$

$$PKI(n') = PKI(A') \pm x_{n'}, \quad (2.22)$$

где  $PKI(O)$  – пикетное положение на дороге № 1 точки пересечения ее с осью дороги № 2 (по заданию);

$C_1$  – по формуле (2.17) или (2.18).

Пикетаж на левоповоротном соединительном ответвлении начинается с точки А. Поэтому  $PKLPO(A) = 0 + 00$ .

Пикетное положение точек К, В, СО, В', К' и А' (см. рисунок 2.2) вычисляют по формулам:

$$PKLPO(K) = l_0;$$

$$PKLPO(B) = L;$$

$$PKLPO(CO) = L + 0,5K_0;$$

$$PKLPO(B') = L + K_0;$$

$$PKLPO(K') = L + K_0 + (L - l_0);$$

$$PKLPO(A') = L + K_0 + L,$$

где  $K_0$  – длина круговой кривой ВСОВ', вычисляется по формуле

$$K_0 = \pi \cdot R(180 + \alpha - 2\beta)/180, \quad (2.23)$$

где  $\beta$  – угол переходной кривой в градусах.

По полученным данным вычерчивают планы трассы ЛПО и пересекающихся дорог в масштабе 1 : 2000 на листе формата А1.

Для разбивки ЛПО на карте местности следует на биссектрисе угла поворота  $\alpha$  найти положение точек  $O_1$  и расстояние от точки пересечения осей сопрягаемых полос (точка Р) до центра круговой кривой (точка  $O_1$ ), которое определяется по формуле (3.9).

## 2.2. Проектирование продольного профиля левоповоротных соединительных ответвлений

Проектная линия ЛПО может быть восходящей, когда ЛПО начинается с дороги, расположенной в нижнем уровне, и нисходящей, когда ЛПО соединяет верхнюю дорогу с нижней (рисунок 2.3).

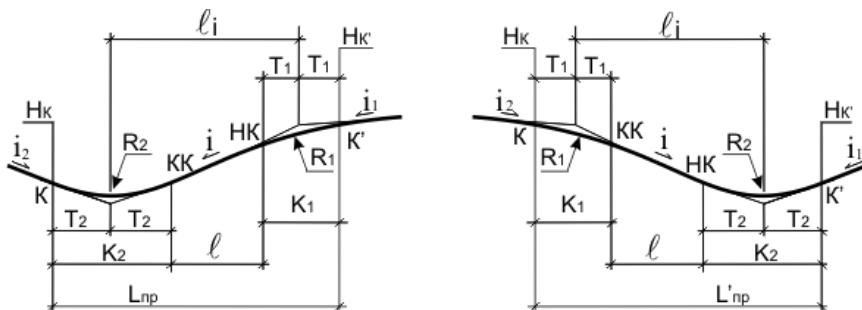


Рисунок 2.3 – Схемы восходящей и нисходящей проектной линии ЛПО

Максимальный продольный уклон проектной линии по ТКП [1] не должен превышать 50 ‰. Минимальные радиусы выпуклых и вогнутых вертикальных кривых принимаются по таблице 2.2 для расчетной скорости движения, которую обеспечивает радиус круговой кривой ЛПО. Эта скорость вычисляется по формуле (2.1).

Таблица 2.2

$V_p$ , км/ч	30	40	50	60
$R_{\text{вып min}}$ , М	600	1000	1200	1500
$R_{\text{вог min}}$ , М	600	1000	1200	1500

### 2.2.1. Определение отметок фиксированных точек и продольных уклонов в них

Фиксированными точками проектной линии являются точки К и К' (см. рисунок 2.3). Проектные отметки этих точек находят по данным о проектных отметках пересекающихся дорог (рисунок 2.4).

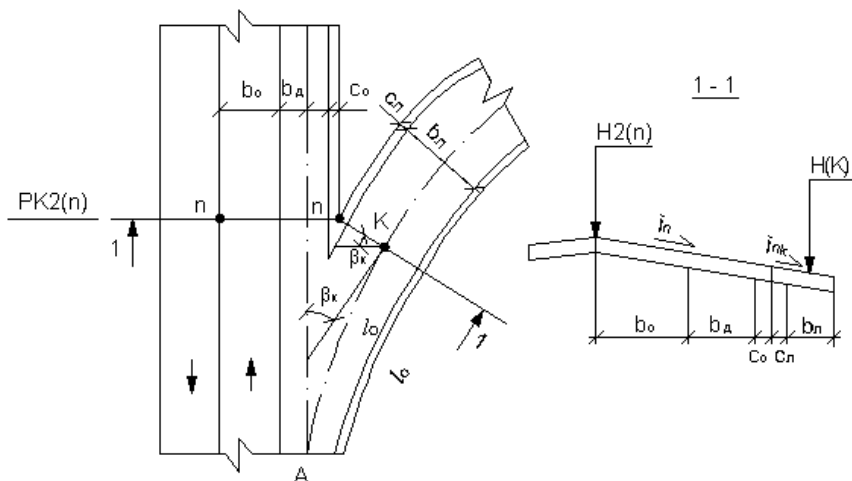


Рисунок 2.4 – Схема к определению отметки точки К на дорогах II, III, IV и V категорий

Пусть ЛПО начинается с дороги № 2 и заканчивается на дороге № 1. Отметки точек К и К' в случае дорог II, III, IV и V категорий, а также дорог I категории, имеющих 4 полосы движения, вычисляют по формулам

$$H_K = H2(n) - i_{\text{п}}(b_0 + b_{\text{д}} + c_0) + i_{\text{нк}}(c_{\text{л}} + 0,5b_{\text{л}}); \quad (2.24)$$

$$H_{K'} = H1(n) - i_{\text{п}}(b_0 + b_{\text{д}} + c_0) + i_{\text{нк}}(c_{\text{л}} + 0,5b_{\text{л}}), \quad (2.25)$$

где  $H2(n)$  – проектная отметка дороги № 2 на пикете  $PK2(n)$ , (вычисляют по данным о проектной линии дороги № 1);

$i_{п}$  – поперечный уклон проезжей части, принимается равным 0,020 для дорог II–V категорий и 0,025 для дорог I категории;

$b_0$  – ширина основной полосы проезжей части (3,75 м – для дорог I-а категории; 3,5 м – для дорог I-б, I-в, II, III категорий; 3,0 м – для дороги IV категории и 2,75 м – для дороги V категории);

$b_d$  – ширина дополнительной полосы, равна ширине основной (на дорогах IV, V категорий  $b_d = 0$ );

$c_0$  – ширина укрепленной полосы, равная 0,5 м на дорогах IV, III, I-в, I-б категорий; 0,75 м на дорогах II и I-а категорий;

$i_{пк}$  – поперечный уклон проезжей части ЛПО в сечении, проходящем через точку К;

$c_{л}$  – ширина укрепленной полосы ЛПО ( $c_{л} = 0,25$  м);

$b_{л}$  – ширина проезжей части однополосного ЛПО;

$H1(n)$  – проектная отметка дороги № 1 на пикете РК2( $n$ ), вычисляются по данным о проектной линии дороги № 1.

Если дорога I категории имеет 6 полос основной проезжей части, то в формулах (2.24) и (2.25) вместо  $b_0$  следует принимать  $1,5b_0$ , так как проектная линия относится к оси проезжей части одного направления.

В фиксированных точках определяют также уклоны проектной линии пересекающихся дорог по направлению движения автомобиля к точке К в начале ЛПО и от точки К' в конце ЛПО. Для предотвращения ошибок в знаках уклонов следует вычертить схему расположения пересекающихся дорог № 1 и № 2 с разбивкой пикетажа и схемы ЛПО, присвоив им наименования ЛПО1, ЛПО2, ЛПО3, ЛПО4 по часовой стрелке. На этой схеме показывают положение точек К и К' на каждом ЛПО. На продольных профилях пересекающихся дорог находят пикетное положение точек  $n$  и  $n'$  по данным о РК2( $n$ ) и РК1( $n'$ ) (см. рисунок 1.10).

Пример такой эскизной схемы приведен на рисунке 2.5.

Пусть для схемы, приведенной на рисунке 2.5, проектная линия верхней дороги № 1 является выпуклой вертикальной кривой, вершина которой расположена на путепроводе в точке О. В этом случае уклон проектной линии в точке К' ЛПО1 будет иметь знак «+», а в точке К ЛПО2 – знак «-». Для ЛПО3 в точке К' уклон проектной линии имеет знак «+», а в точке К ЛПО4 – знак «-».

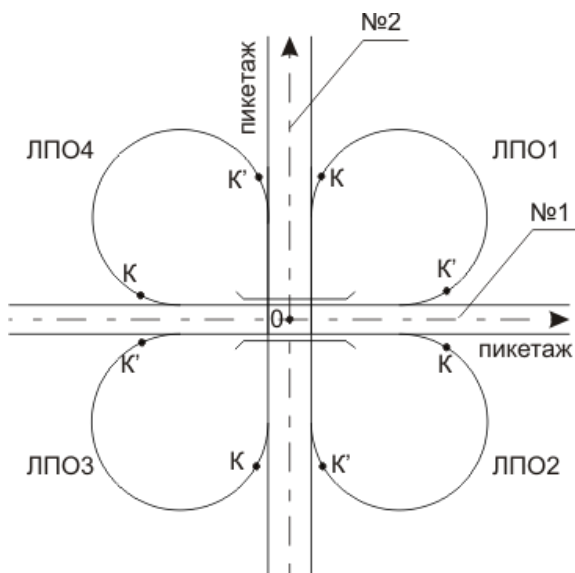


Рисунок 2.5 – Схема расположения ЛПО и фиксированных точек

Уклоны на вертикальной кривой вычисляют по формуле

$$i_k = l_n / R, \quad (2.26)$$

где  $l_n$  – расстояние от точки К до вершины вертикальной кривой;  
 $R$  – радиус вертикальной кривой.

Величина полученных уклонов округляется до 0,001.

### 2.2.2. Расчет отметок проектной линии

Предварительно вычерчивают черный профиль ЛПО. Для этого с плана ЛПО на пикетах, а также в точках К, К' и СО определяют отметки поверхности земли.

Величина продольного уклона  $i_c$  средней части проектной линии (см. рисунок 2.3) определяется подбором исходя из необходимости прохождения проектной линии через точки К и К' с отметками  $H_K$  и  $H_{K'}$ . Рекомендуется определять этот уклон  $i$  в такой последовательности:

1. Вычисляют расстояние между фиксированными точками К и К' (см. рисунок 2.3):

$$L_{\text{пр}} = \text{РКЛПО}(K') - \text{РКЛПО}(K), \quad (2.27)$$

где РКЛПО( $K'$ ), РКЛПО( $K$ ) – пикетное положение на ЛПО фиксированных точек.

2. Определяют превышение между точками  $K$  и  $K'$ :

$$\Delta H = H_{K'} - H_K, \quad (2.27)$$

где  $H_{K'}$ ,  $H_K$  – отметки фиксированных точек.

3. Принимают предварительно радиусы выпуклых кривых выше минимальных, приведенных в таблице 2.2, например, 2000 м.

4. Назначают предварительно уклон  $i$  проектной линии, равным 0,050, и вычисляют тангенсы вертикальных кривых по формуле

$$T = 0,5R\omega, \quad (2.29)$$

где  $\omega$  – перелом, равный алгебраической разности уклонов соседних прямых.

5. Вычисляют расстояние между вершинами переломов проектной линии  $l_i$  и превышение между ними:

$$l_i = L_{\text{пр}} - (T_1 + T_2); \quad (2.30)$$

$$\Delta h = \Delta H - [T_1(\pm i_1) + T_2(\pm i_2)], \quad (2.31)$$

где  $i_1$ ,  $i_2$  – уклоны в точках  $K$  и  $K'$  (знак «+» – подъем, знак «-» – спуск).

6. Определяют продольный уклон средней части проектной линии

$$i = \Delta h / l_i. \quad (2.32)$$

7. Сравнивают полученный уклон с максимально допустимой величиной, равной 0,050. Если он не превышает допустимого значения, то округляют его до 0,001 в меньшую сторону. Подбирают радиусы вертикальных кривых с целью сохранения вычисленных ранее тангенсов этих кривых пользуясь формулой (2.28). Между точкой  $K$  и началом



первой кривой, а также между концом второй кривой и точкой К' могут иметь место прямые участки проектной линии ЛПО.

8. В случае, если полученный уклон проектной линии ЛПО превышает 50 ‰, то следует уменьшить радиусы вертикальных кривых до минимальных, приведенных в таблице 2.2, и повторить расчет продольного уклона  $i$  (см. формулу (2.32)). При получении его значения более 50 ‰ необходимо увеличить длину ЛПО путем увеличения радиуса горизонтальной кривой  $R$ .

После определения продольного уклона  $i$  определяют пикетное положение начала и конца вертикальных кривых исходя из схемы ломаной проектной линии. Для этого необходимо знать пикетное положение переломов и длин тангенсов.

Проектные отметки вычисляют на всех пикетах, в начале и конце кривых, в середине ЛПО.

Отметки на прямолинейных участках проектной линии определяют, зная превышение этих точек относительно фиксированных точек или точек перелома ломаной.

Отметки промежуточных точек вертикальных кривых определяют, располагая начало координат  $x, y$  в начале (конце) вертикальной кривой по схеме, представленной на рисунке 2.6.

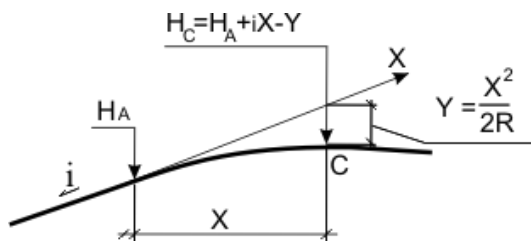


Рисунок 2.6 – Схема определения отметки на вертикальной кривой

На листе миллиметровой бумаги формата  $A4 \times n$  вычерчивают продольные профили левоповоротных соединительных ответвлений (от точки К до точки К') в масштабе 1 : 5000 (горизонтальный), 1 : 500 (вертикальный). В курсовом проекте геологический профиль не проводят. Таблица исходной информации и проектных решений включает:

1) фактические данные – отметки земли, расстояние между пикетами и плюсами, пикеты;

2) проектные данные – отметки по оси съездов, уклоны и вертикальные кривые, проектные данные о левом и правом кюветах (рисунок 2.7).

Проектные данные	Тип земляного полотна		1.0
	Левый кювет	Укрепление	2.5
		Уклон, % длина	4.0
		Отметка дна, м	1.5
	Правый кювет	Укрепление	1.5
		Уклон, % длина	1.0
		Отметка дна, м	1.5
	Уклон и вертикальные кривые		1.0
	Отметка оси, м		1.5
	Фактические данные	Отметка земли, м	
Расстояние, м		1.0	
Пикеты		1.0	
			7.5
			12.5

Рисунок 2.7 – Таблица исходной информации и проектных решений

Если проектная линия участка ЛПО проходит ниже черного профиля, то проектируют кюветы. Минимальный уклон дна кювета – 5(3)%. Глубину кювета в курсовом проекте принять 0,6 м.

### 2.3. Проектирование поперечных профилей проезжей части и земляного полотна левоповоротных соединительных ответвлений

Проезжую часть ЛПО на участке круговой кривой проектируют с односкатным поперечным профилем с уклоном 40–50 % в зависимости от климатического района Республики Беларусь. На части переходной кривой  $h_1$  (от точки К до точки В, рисунок 2.2) происходит из-

менение поперечного уклона покрытия от уклона  $i_n$  до уклона  $i_b$  (отгон виража).

Ширина проезжей части однопутных ЛПО принимается 5,0 м. В случае, если длина левоповоротного соединительного ответвления превышает 500 м, то для обеспечения возможности обгона тихоходных транспортных средств следует предусматривать две полосы движения. В этом случае ширину полосы движения назначают в соответствии с категорией дороги, с которой начинается ЛПО. Проектируют также двухстороннее уширение проезжей части в соответствии с радиусом круговой кривой (таблица 2.3). Уширение с внешней стороны выполняется за счет внешней обочины. Оно начинается в сечении, проходящем через точку К, и заканчивается в сечении, проходящем через точку К'.

Уширение проезжей части ЛПО на внутренней полосе начинается на расстоянии  $S_y$  от начала ЛПО (от точки А) и заканчивается на расстоянии  $S_y$  до конца ЛПО (до точки А').

$$S_y = R \cdot L / 500,$$

где  $R, L$  – радиус и длина переходной кривой;

500 – радиус кривизны, при котором необходимо уширение проезжей части.

Отгон уширения на внутренней обочине предусматривается на участках длиной  $S_{y1}$ .

Таблица 2.3

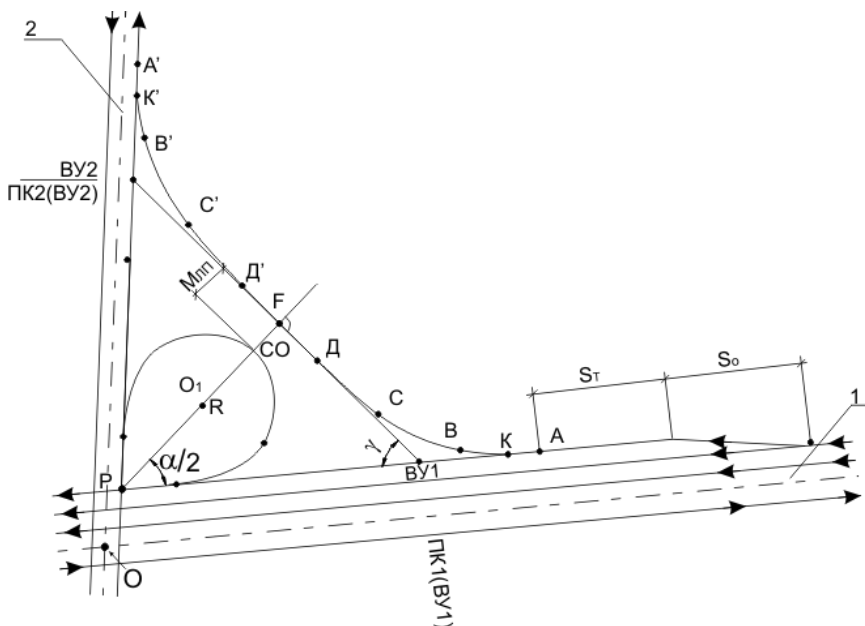
Радиус кривой, м	50	60	100	150	200
Уширение одной полосы, м	2,0	1,9	1,5	1,0	0,75

Ширину обочин ЛПО с односторонним движением следует принимать 1,75 м. Ширина обочин может быть увеличена при необходимости размещения барьерных ограждений. На обочинах предусматривают укрепленные полосы шириной 0,25 м.

### 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРАВОПОВОРОТНЫХ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ОТВЕТВЛЕНИЙ

### 3.1. Проектирование плана трассы правоповоротных соединительных ответвлений (ППО)

План трассы ППО (рисунок 3.1) состоит из двух закруглений малого радиуса и прямой вставки между ними. Каждое закругление включает две переходные кривые длиной  $L$  и круговую кривую радиуса  $R$ .



1, 2 – оси пересекающихся дорог

Рисунок 3.1 – Схема к проектированию правоповоротных соединительных ответвлений

Положение ломаной А-ВУ1-ВУ2-А' определяет положение трассы ППО (см. рисунок 3.1). Для нахождения положения прямой ВУ1-ВУ2 необходимо определить расстояние РF до оси ППО.

Для облегчения водоотвода с транспортной развязки требуется обеспечить расстояние между подошвами насыпей ЛПО и ППО не менее 1,0 м.

#### 3.1.1. Определение расстояния между осями ЛПО и ППО

На плане транспортной развязки снимают отметки земли в точке СО (см. рисунок 3.1) и на расстоянии 30 м влево и вправо по биссектрисе угла  $\alpha$ , строят черный профиль и наносят поперечный профиль земляного полотна ЛПО (рисунок 3.2) с рабочей отметкой  $h$ .

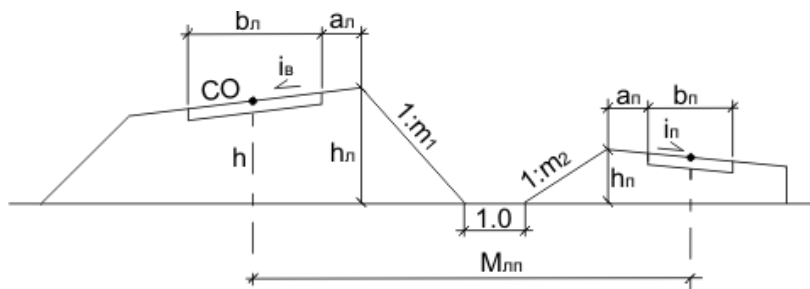


Рисунок 3.2 – Схема к определению расстояния между осями однополосных ЛПО и ППО

Рабочую отметку в точке СО определяют по продольному профилю ЛПО.

Так как продольный профиль ППО еще не запроектирован, то предварительно принимают земляное полотно ППО в насыпи высотой не менее руководящей рабочей отметки для 1-го типа местности по условиям увлажнения поверхностными и грунтовыми водами (см. рисунок 3.2). В курсовом проекте допускается принять рабочую отметку равной 1,0 м, заложение откосов –  $m_2 = 3,0$ .

Расстояние между осью ЛПО и осью ППО при прохождении их в насыпи определяют исходя из рисунка 3.2:

$$M_{\text{лпп}} = 0,5b_{\text{л}} + a_{\text{л}} + m_1 h_{\text{л}} + 1,0 + m_2 h_{\text{п}} + a_{\text{п}} + 0,5b_{\text{п}}, \quad (3.1)$$

где  $b_{\text{л}}$ ,  $b_{\text{п}}$  – ширина однополосной проезжей части ЛПО и ППО, равная 5,0 м и 5,0 м соответственно;

$a_{\text{л}}$ ,  $a_{\text{п}}$  – ширина обочины ЛПО и ППО ( $a_{\text{л}} = a_{\text{п}} = 1,75$ );

$m_1$ ,  $m_2$  – заложение откосов насыпей ЛПО и ППО;

$h_{\text{л}}$ ,  $h_{\text{п}}$  – высота откосов насыпей ЛПО и ППО, определяется в зависимости от величины рабочей отметки и поперечного уклона дорожного полотна.

В случае, если проезжая часть ЛПО или ППО имеет две полосы движения, полученное по формуле расстояние  $M_{\text{лп}}$  следует увеличить на значение  $b_{\text{д}}$ .

При пересеченном рельефе ППО может проходить в выемке. В этом случае расстояние  $M_{\text{лп}}$  корректируется. В курсовом проекте план трассы ППО и продольный профиль при корректировке  $M_{\text{лп}}$  не изменяют.

### ***3.1.2. Определение длины переходной кривой на правоповоротном соединительном ответвлении***

Правоповоротное соединительное ответвление в случае дорог I, II, III категорий начинается с полосы торможения и заканчивается полосой разгона. Для этого случая длина переходной кривой  $L$  назначается по таблице 2.1.

Кромки покрытия основной дороги и ППО расходятся в точке К на ППО на расстоянии  $l_0$  от начала ППО:

$$l_0 = \sqrt[3]{6LR(c_0 + c_{\text{п}} + \Delta b)}, \quad (3.2)$$

где  $L, R$  – длина переходной кривой и радиус круговой;

$c_0, c_{\text{п}}$  – ширина укрепленной полосы основной проезжей части и ППО;

$\Delta b$  – половина разности ширины проезжей части однополосного соединительного ответвления и ширины ПСП при двухстороннем уширении.

Координату  $x_n$  вычисляют по формуле (2.12).

В случае отмыкания правоповоротного соединительного ответвления от дороги IV, V технической категории или примыкания ППО к такой дороге переходно-скоростные полосы не предусматривают. Длина переходной кривой  $L$  на ППО обосновывается по методике, изложенной в подпункте 2.1.1. Изменения связаны с тем, что радиус  $R$  круговой кривой и ширина проезжей части ППО отличается от аналогичных на ЛПО.

Если ППО соединяет дороги IV категории с дорогами I, II, III, то в курсовом проекте обосновывают длины переходных кривых, положения точки К для начала или конца ППО.

### 3.1.3. Расчет элементов закруглений плана трассы ППО

В курсовом проекте рассматривают вариант симметричного относительно биссектрисы угла  $\alpha$  расположения ЛПО и ППО. Поэтому элементы закруглений на ВУ1 и ВУ2 одинаковы и вычисляют в такой последовательности:

1. Смещение  $t$  и сдвигка  $p$  закругления при введении переходной кривой длиной  $L$ :

$$t = x_B - R \sin \beta; \quad p = y_B - R(1 - \cos \beta), \quad (3.3)$$

где  $x_B, y_B$  – координаты конца переходной кривой (рисунок 3.3, точка В), вычисляют по формулам (2.13);

$\beta$  – угол переходной кривой, вычисляется по формуле

$$\beta = L/2R, \text{ радианы}; \quad \beta = 180L/2R\pi, \text{ градусы}. \quad (3.4)$$

2. Тангенс круговой кривой:

$$T = (R + p) \operatorname{tg}(\gamma/2), \quad (3.5)$$

где  $\gamma$  – угол поворота трассы ППО, равный (см. рисунок 3.1):

$$\gamma = 90 - 0,5\alpha, \text{ градусы}.$$

3. Длина круговой кривой после введения переходной и домер:

$$K_0 = \pi \cdot R \cdot (\gamma - 2\beta) / 180, \quad (3.6)$$

$$Д = 2(T + t) - (2L + K_0). \quad (3.7)$$

Если окажется, что  $K_0 < 0$ , следует увеличить радиус  $R$ , откорректировать значение  $L$  в соответствии с подпунктом 2.1.1, повторно вычислить элементы закругления.

### 3.1.4. Определение пикетного положения основных точек

### правоповоротного соединительного ответвления

На пересекающихся дорогах определяют пикетное положение вершин углов поворота, начала и конца закругления, точек  $n$  и  $n'$ , связанных с точками К и К' (рисунки 3.3, 3.4).

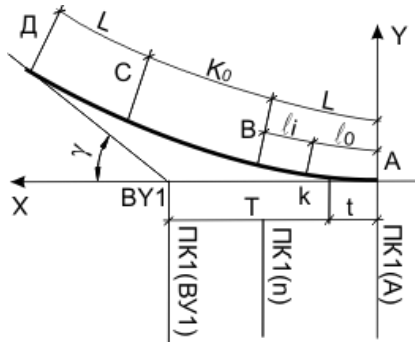


Рисунок 3.3 – Схема закругления на ВУ1

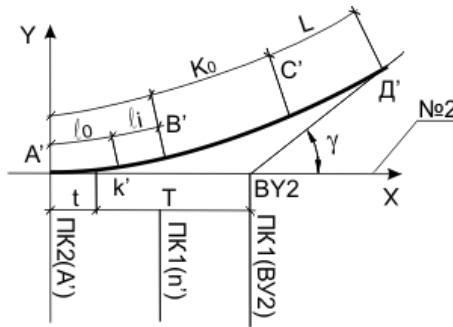


Рисунок 3.4 – Схема закругления на ВУ2

Рассмотрим закругление на ВУ1.

Пикетное положение ВУ1 относительно дороги № 1 (рисунок 3.1) вычисляют по формуле

$$PK1(BU1) = PK1(O) \pm C_1 \pm (PO_1 + R + M_{\text{пл}}) / \cos(0,5\alpha), \quad (3.8)$$

где  $PK1(O)$  – пикетное положение точки пересечения осей пересекающихся дорог в координатах дороги № 1 (по заданию);

$C_1$  – по формуле (2.17) или (2.18);



$PO_1$  – расстояние от точки пересечения осей полос (точка P) до центра круговой кривой радиуса  $R$  (см. рисунок 3.1):

$$PO_1 = (y_B + R \cos \beta) / \sin(\alpha/2), \quad (3.9)$$

где  $y_B$  и  $\beta$  – координата точки B и угол переходной кривой ЛПО (см. рисунок 2.2), вычисляются по формулам (2.13) и (2.20).

Знак «+» в формуле (3.8), если пикетаж от точки P к точке A (см. рисунок 3.1) увеличивается, знак «-», если он уменьшается.

Пикетное положение точки A и точки  $n$  относительно дороги № 1 (см. рисунок 3.3):

$$PK1(A) = PK1(BU1) \pm (T + t), \quad (3.10)$$

$$PK1(n) = PK1(A) \mp x_n, \quad (3.11)$$

где  $x_n$  – расстояние, вычисляется по (2.14).

Далее определяют пикетное положение основных точек (точек A, K, B, C и D) закругления на ВУ1 (см. рисунок 3.3) в пикетаже ППО, принимая начало ППО в точке A:

$$PKППО(K) = l_0, \quad (3.12)$$

$$PKППО(B) = L, \quad (3.13)$$

$$PKППО(C) = L + K_0, \quad (3.14)$$

$$PKППО(D) = 2L + K_0. \quad (3.15)$$

Рассмотрим закругление на ВУ2 (см. рисунок 3.4).

Пикетное положение ВУ2 и точек  $A'$ ,  $n'$  относительно дороги № 2 вычисляют по формулам:

$$PK2(BU2) = PK2(O) \pm C_2 \pm (PO_1 + R + M_{\text{лп}}) / \cos(0,5\alpha), \quad (3.16)$$

$$PK2(A') = PK2(BU2) \pm (T + t), \quad (3.17)$$

$$PK2(n') = PK2(A') \mp x_{n'}, \quad (3.18)$$

где  $C_2$  – по формуле (2.17) или (2.18);

$x_{n'}$  – расстояние, вычисляется по выражению (2.14).

Знак «+» или «-» зависит от направления пикетажа на дороге № 2.

Пикетное положение ВУ2 на ППО определяют, вычисляя длину ломаной трассы до ВУ2 и учитывая домер  $D$  закругления на ВУ1:

$$\text{РКППО(ВУ2)} = T + t + 2(PO_1 + R + M_{\text{лп}}) \text{tg}(0,5\alpha) - D. \quad (3.19)$$

Пикетное положение точек  $D'$ ,  $C'$ ,  $B'$ ,  $A'$  и  $K'$  (см. рисунок 3.4) вычисляют по формулам:

$$\text{РКППО}(D') = \text{РКППО(ВУ2)} - (T + t), \quad (3.20)$$

$$\text{РКППО}(A') = \text{РКППО(ВУ2)} + (T + t) - D, \quad (3.21)$$

$$\text{РКППО}(K') = \text{РКППО}(A') - l_0, \quad (3.22)$$

$$\text{РКППО}(C') = \text{РКППО}(D') + L, \quad (3.23)$$

$$\text{РКППО}(B') = \text{РКППО}(C') + K_0. \quad (3.24)$$

Пикетное положение середины ППО (точка  $F$ , см. рисунок 3.1):

$$\text{РКППО}(F) = T + t + (PO_1 + R + M_{\text{лп}}) \text{tg}(0,5\alpha) - D. \quad (3.25)$$

### 3.2. Проектирование продольного профиля ППО

На плане трассы транспортной развязки разбивают пикетаж, определяют черные отметки и строят черный профиль.

Определяют фиксированные проектные отметки в точках  $K$  и  $K'$  и уклоны проектной линии в них. Методика определения этих отметок и уклона при отсутствии ПСП (IV категория) аналогична, как и для ЛПО, и изложена в подпункте 2.2.1.

При наличии ПСП вначале определяют положение точек  $n$  и  $n'$  относительно дороги № 1 или № 2:

$$\text{РК1}(n) = \text{РК1}(A) \pm x_n, \quad (3.26)$$

где  $\text{РК1}(A)$  – пикетное положение на дороге № 1 начала ППО;

$x_n$  – по формуле (2.14) с учетом (3.2).

Отметки фиксированных точек  $K$  и  $K'$  для двухполосных дорог II, III категорий и четырехполосных дорог I категории вычисляют по формуле

$$H_K = H1(n) - i_n (b_0 + b_d + c_0 + c_n + 0,5b_n), \quad (3.27a)$$

где  $H1(n)$  – проектная отметка дороги № 1 на пикетаже РК1(К);

$b_0, b_d$  – ширина основной полосы движения и дополнительной;

$b_n$  – ширина проезжей части ППО;

$c_0$  – ширина укрепленной полосы основной дороги;

$c_n$  – ширина укрепленной полосы ППО ( $c_n = 0,25$  м).

Перед нанесением проектной линии ППО устанавливают тип местности по увлажнению поверхностными и грунтовыми водами, вычисляют руководящие рабочие отметки по (1.1), (1.2), (1.3), контрольные отметки на пересечении малых водотоков, если они имеются на данном ППО. Проектную линию наносят с учетом этих отметок, отметок фиксированных точек и уклонов в этих точках, а также назначенной высоты насыпи на середине ППО (см. подпункт 3.1.1). В переломы проектной линии более 2(5) ‰ вписывают вертикальные кривые. Минимальные радиусы этих кривых принимают по таблице 2.2. Продольный уклон проектной линии – не более 50 ‰.

### 3.3. Поперечные профили проезжей части ППО

Ширина проезжей части однопутного ППО – 4,5 м, ширина обочин – 1,75 м. Если длина ППО – более 500 м, то независимо от интенсивности движения назначают две полосы движения с уширением проезжей части в соответствии с радиусом круговой кривой (аналогично ЛПО). Укрепленные полосы предусматриваются шириной 0,25 м.

Поперечный уклон проезжей части ППО на участках (см. рисунок 3.1):

АК – общий с дорогой № 1, равный  $i_n$ ;

КВ – переход от уклона  $i_n$  до  $i_B$ ;

ВС – вираж с уклоном  $i_C$ ;

СД – переход от  $i_B$  до  $i_n$ ;

ДФД' – односкатный с  $i_n = 20$  ‰ в сторону от ЛПО;

Д'С' – переход от  $i_n = 20$  ‰ до  $i_B$ ;

С'В' – вираж с уклоном  $i_C$ ;

В'К' – переход от  $i_B$  до  $i_n$ ;

К'А' – общий с дорогой № 2, равный  $i_n$ .

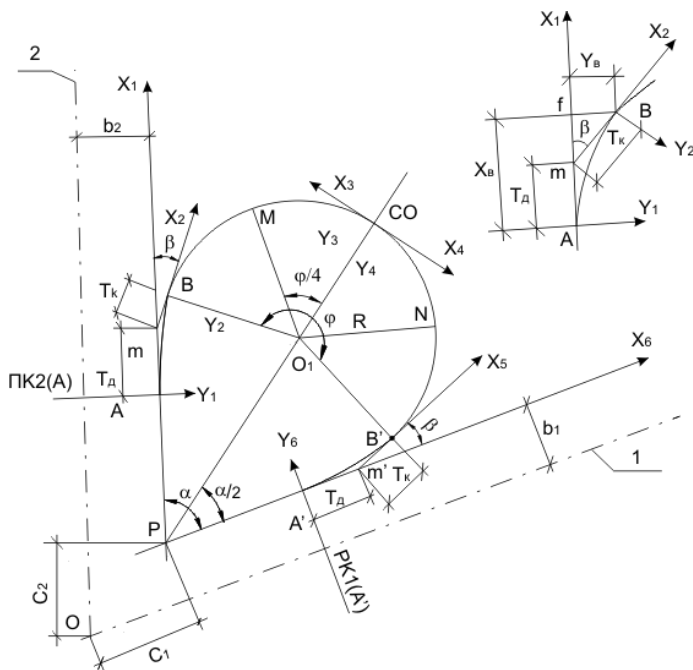
## 4. СОСТАВЛЕНИЕ РАЗБИВОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ ЛЕВО- И ПРАВОПОВОРОТНЫХ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ОТВЕТВЛЕНИЙ

### 4.1. Разбивка левоповоротных соединительных ответвлений (ЛПО)

В курсовом проекте составляют разбивочный чертеж одного ЛПО методом прямоугольных координат и методом угловых засечек.

#### 4.1.1. Разбивка ЛПО методом прямоугольных координат

Схема выноски ЛПО методом прямоугольных координат приведена на рисунке 4.1. Переходная кривая АВ выносится в системе координат  $X_1Y_1$ , переходная кривая А'В' – в системе координат  $X_6Y_6$ . Круговая кривая ВВ' делится на четыре части: ВМ, МСО, СОN и NB'. Эти участки круговой кривой выносятся в системах координат: ВМ –  $X_2Y_2$ , МСО –  $X_3Y_3$ , СОN –  $X_4Y_4$ , NB' –  $X_5Y_5$ .



1, 2 – оси пересекающихся дорог

Рисунок 4.1 – Схема разбивки ЛПО методом прямоугольных координат

В процессе технических изысканий на местности закреплены оси пересекающихся дорог № 1 и № 2 (рисунок 4.1).

Для выноски систем координат в курсовом проекте приводятся числовые значения требуемых данных в виде таблиц.

Таблица 4.1 – Значения данных для выноски систем координат

$\alpha$	$R$	$b_1$	$b_2$	$PO_1$	$C_1$	$C_2$	PK1(A')	PK2(A)	$T_d$	$T_k$	$\beta$

Большинство параметров, приведенных в таблице 4.1, определены ранее, за исключением значений  $T_d$  и  $T_k$  (см. рисунок 4.1):

$$T_d = x_B - y_B / \operatorname{tg} \beta, \quad T_k = y_B / \sin \beta, \quad (4.1)$$

где  $x_B$ ,  $y_B$  – координаты конца переходной кривой, определены по формуле (2.13).

Для расчета координат приводят пикетное положение отрезков кривых плана трассы ЛПО (точек А, В, М, СО, N, В' и А').

Таблица 4.2

Наименование точек	А	В	М	СО	N	В'	А'
Пикетное положение	0+00	...	...	...	...	...	...

Пикетное положение точек М, СО, N получают исходя из условия деления круговой кривой  $K_0$  на четыре отрезка:

$$\text{РКЛПО(М)} = L + K_0 / 4; \quad (4.2)$$

$$\text{РКЛПО(СО)} = L + K_0 / 2; \quad (4.3)$$

$$\text{РКЛПО(N)} = L + 3K_0 / 4. \quad (4.4)$$

Расчет координат точек осуществляется с шагом 50 м. В случае расположения точек на переходной кривой координаты  $x_1y_1$  или  $x_6y_6$  вычисляют по формулам (2.12), принимая вместо  $l_0$  значение расстояния  $S_i$  от начала координат до точки на кривой.

При расположении точки на круговой кривой координаты  $x$  и  $y$  вычисляют по формулам

$$x_i = R \sin(S_i/R), \quad y_i = R - R \cos(S_i/R), \quad (4.5)$$

где  $S_i$  – расстояние от начала координат данной системы до рассматриваемой точки.

Результаты расчета координат  $x_i$  и  $y_i$  сводят в таблицу 4.3.

Таблица 4.3

Пикетное положение точки	Системы координат																		
	$x_1y_1$			$x_2y_2$			$x_3y_3$			$x_4y_4$			$x_5y_5$			$x_6y_6$			
	$S$	$x$	$y$	$S$	$x$	$y$	$S$	$x$	$y$	$S$	$x$	$y$	$S$	$x$	$y$	$S$	$x$	$y$	
0+50	50	...	...																
1+00	100	...	...																
1+50				30	...	...													
2+00				80	...	...													
2+50							70	...	...										
...																			

Системы прямоугольных координат  $x_iy_i$  на местности получают следующим образом:

*Системы  $x_1y_1$  и  $x_6y_6$*  (см. рисунок 4.1). Трассируют прямые  $x_1$  и  $x_6$  параллельно осям пересекающихся дорог № 1 и № 2 на расстоянии  $b_1$  и  $b_2$  от этих осей, закрепленных на местности. По известному пикетному положению РК2(А) и РК1(А') точек А и А' определяют положение начала координат.

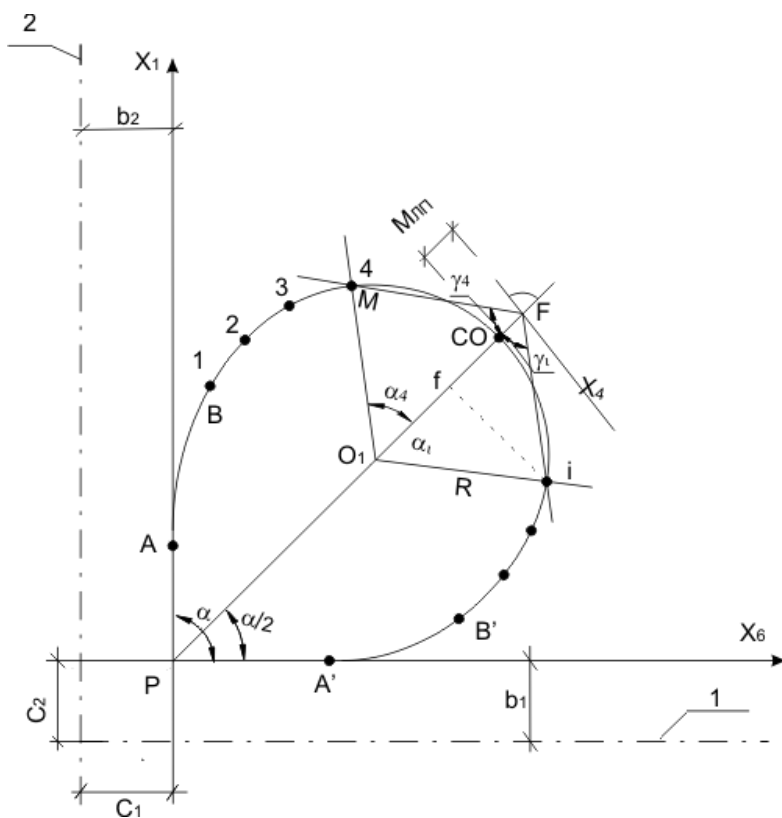
*Системы  $x_2y_2$  и  $x_5y_5$* . На осях  $x_1$  и  $x_6$  откладывают значение  $T_d$  от точек А и А' и получают положение точки  $m$  и  $m'$ . На точку  $m$  и  $m'$  устанавливают теодолит, по углу  $\beta$  получают направление оси координат  $x_2$  (или  $x_5$ ). На направлении  $x_2$  (или  $x_5$ ) отмеряют величину  $T_k$  и получают начало координат системы  $x_2y_2$  (или  $x_5y_5$ ).

*Системы  $x_3y_3$  и  $x_4y_4$* . На пересечении прямых  $x_1$  и  $x_6$  получают положение точки Р (рисунок 4.1). Контроль положения точки Р осуществляется с помощью величин  $C_1$  и  $C_2$ . На точку Р устанавливают теодолит, по углу  $\alpha/2$  трассируют направление биссектрисы угла  $\alpha$   $PO_1$ . На этом направлении отмеряют расстояние  $(PO_1 + R)$ , получают точку СО (середины ЛПО). В точку О устанавливают теодолит и трассируют перпендикулярную к биссектрисе прямую, определяющую

направление осей  $x_3$  и  $x_4$ . Оси  $y_3$  и  $y_4$  направлены по биссектрисе угла  $\alpha$  к точке  $P$ .

#### 4.1.2. Разбивка ЛПО методом угловых засечек

Метод угловых засечек применяется для разбивки на местности круговой кривой  $BB'$ . Вынос точки  $i$  на местность осуществляется по данным об углах  $\alpha_i$  и  $\gamma_i$  (рисунок 4.2). На точки  $O_1$  (центр круговой кривой) и  $F$  (точка пересечения оси ЛПО и биссектрисы угла  $\alpha$ ) устанавливают теодолиты и по углам  $\alpha_i$  и  $\gamma_i$  получают направления на точку  $i$ . С помощью вехи получают точку пересечения этих направлений (точку  $i$ ).



1, 2 – оси пересекающихся дорог

Рисунок 4.2 – Схема разбивки ЛПО методом угловых засечек

Положения точек  $O_1$  и  $F$  получают следующим образом. Трассируют прямые  $x_1$  и  $x_6$  параллельно осям пересекающихся дорог № 1 и № 2 (см. рисунок 4.2). На пересечении этих прямых получают точку  $P$ . Контроль положения точки  $P$  осуществляют по данным о значениях  $C_1$  и  $C_2$ . На точку  $P$  устанавливают теодолит и трассируют биссектрису угла  $\alpha$ . На биссектрисе отмеряют величину  $PO_1$ , получают положение точки  $O_1$ . От точки  $O_1$  откладывают расстояние  $(R + M_{\text{лп}})$ , получают точку  $F$ . Контролем правильности выноски точки  $F$  является принадлежность ее к оси ППО.

Данные для выноски точек  $O_1$  и  $F$  приводят в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Параметры	$\alpha$	$R$	$b_1$	$b_2$	$PO_1$	$C_1$	$C_2$	$M_{\text{лп}}$
Значения								

Данные об углах  $\alpha_i$  и  $\gamma_i$  (см. рисунок 4.2) для выносимых точек вычисляют по формулам

$$\alpha_i = 180[\text{РКЛПО}(l) - \text{РКЛПО}(\text{СО})]/(\pi R); \quad (4.6)$$

$$\gamma_i = \text{arcctg}[(R - R \cos \alpha_i + M_{\text{лп}})/(R \sin \alpha_i)], \quad (4.7)$$

где  $\text{РКЛПО}(l)$  – пикетное положение на ЛПО выносимой точки  $i$ ;

$\text{РКЛПО}(\text{СО})$  – пикетное положение середины ЛПО, определяется по (4.3).

В курсовом проекте разбивку выполняют для одного ЛПО. Вычисляют углы  $\alpha_i$ ,  $\gamma_i$  для выноски пикетов, плюсовых точек +50, точек  $B$ ,  $\text{СО}$  и  $B'$ . Полученные данные сводят в таблицу 4.5.

Таблица 4.5

Номер точки	1	...	...	$i$	...	
Пикетное положение	$L$			$\text{РКЛПО}(\text{СО})$		$\text{РКЛПО}(B')$
$\alpha_i$ , градус				0		
$\gamma_i$ , градус				90		



#### 4.2. Разбивка правоповоротных соединительных ответвлений

Разбивка ППО аналогична разбивке плана трассы автомобильной дороги и выполняется в локальных системах координат относительно ломаной трассы ППО. Ломаную трассу (рисунок 4.3) выносят на местности по данным о положении вершин углов поворота ВУ1 и ВУ2, расстояниях  $b_1$  и  $b_2$  между осями пересекающихся дорог № 1 и № 2 и осями полос движения, сопрягаемых ППО. Для этого параллельно оси 1 трассируют прямую РА (см. рисунок 4.3) на расстоянии  $b_1$ , параллельно оси 2 дороги № 2 трассируют прямую РА' на расстоянии  $b_2$ . По известному пикетному положению ВУ1 на дороге № 1 и ВУ2 на дороге № 2 находят точки ВУ1 и ВУ2. Если из точки ВУ1 видна вежа, установленная в точке ВУ2, то прямую ВУ1ВУ2 закрепляют на местности вешением на себя. Если из точки ВУ1 от вежа на точке ВУ2 не видна, то прямую ВУ1ВУ2 трассируют с помощью теодолита, устанавливаемого на ВУ1, по известному углу  $\gamma$  (см. рисунок 4.3). Начало и конец ППО определяют по известному пикетному положению точек А и А'.

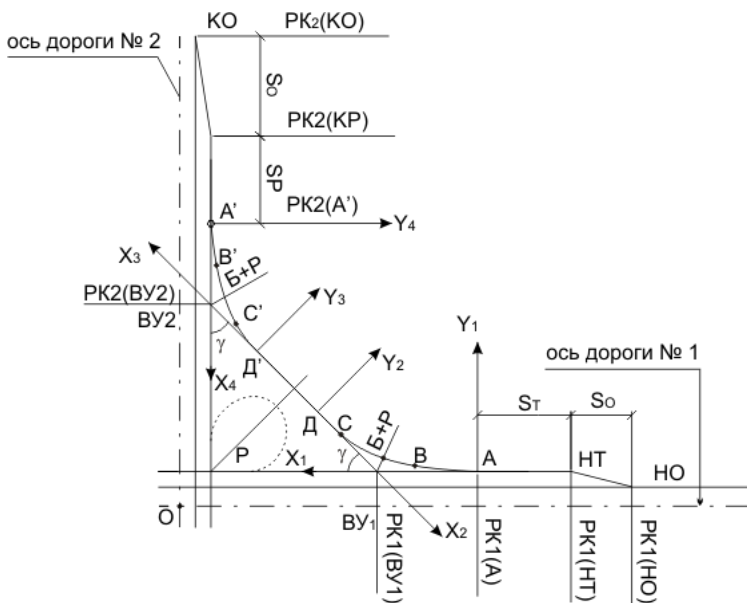


Рисунок 4.3 – Схема разбивки ППО

Для выноски ломаной трассы приводят данные в соответствии с таблицей 4.6.

Таблица 4.6

Параметры	$b_1$	$b_2$	$\gamma$	PK1(ВУ1)	PK2(ВУ2)	PK1(А)	PK2(А')
Значения							

Разбивку первого закругления ППО осуществляют в координатах  $x_1y_1$  и  $x_2y_2$  (см. рисунок 4.3), второго – в координатах  $x_3y_3$  и  $x_4y_4$ . Пикетное положение начала координат систем  $x_iy_i$  точек В, С, В', С' на ППО приводят в таблице 4.7.

Таблица 4.7

Параметры	РКППО(В)	РКППО(С)	РКППО(Д)	РКППО(Д')	РКППО(С')	РКППО(В')	РКППО(А')
Значения	$L$						

Расчет координат  $x_iy_i$  при расположении точки  $i$  на переходной кривой выполняют по формулам (2.12), принимая вместо  $l_0$  значение расстояния  $S$  от начала координат до точки  $i$ . В случае, если точка  $i$  находится на круговой кривой, следующей за переходной кривой длиной  $L$ , координаты  $x$  и  $y$  вычисляют по уравнениям

$$x = t + R \sin[(S - 0,5L)/(\pi R)] 80, \quad (4.8)$$

$$y = p + R - R \cos[(S - 0,5L)/(\pi R)] 80, \quad (4.9)$$

где  $t, p$  – смещение и сдвигка, вычислены ранее по (3.2);

$S$  – расстояние от начала координат до выносимой точки.

В курсовом проекте выполняют разбивку одного ППО с шагом точек 50 м, т.е. выносят пикеты 0+50, 1+00, 1+50 и т.д. Результаты расчетов координат на кривых трассы ППО приводят в виде таблицы 4.8.

Таблица 4.8

РКППО( $i$ )		0+50		1+50			
Система $x_iy_i$		$x_1y_1$		$x_2y_2$			
Координаты	$x$	49,44		15,80			
	$y$	1,26		0,41			

### 4.3. Определение длин полос торможения и разгона

На дорогах I, II и III категории ЛПО и ППО начинаются с полосы торможения длиной  $S_T$  (см. рисунок 4.3) и заканчиваются полосой разгона  $S_P$ . Полосы торможения и разгона сопрягаются с основными полосами пересекающихся дорог отгонами полос длиной  $S_0$ .

Длина полос торможения и разгона определяется по графику (рисунок 4.4) в зависимости от разности скоростей движения автомобиля на ЛПО или ППО и в начале полосы торможения или в конце полосы разгона.

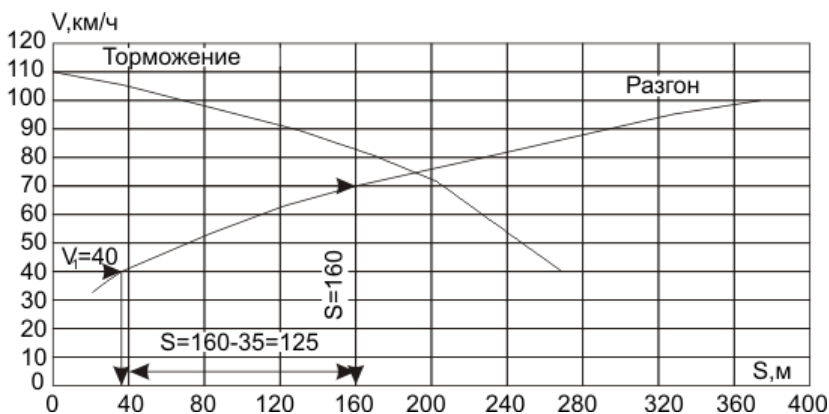


Рисунок 4.4 – График для определения длин полос торможения и разгона

Скорость движения на ЛПО и ППО определяется радиусом круговых кривых ЛПО и ППО по формуле (2.1). Скорость движения в начале полосы торможения и в конце полосы разгона принимают по таблице 4.9.

Таблица 4.9

Скорость движения, км/ч		
расчетная	в начале полосы торможения	в конце полосы разгона
140	110	100
120	90	80
100	80	70
80	70	60

В случае расположения полосы разгона на участке с продольным уклоном, превышающем 15 %, значения ее длины, определенной по графику (см. рисунок 4.4), следует умножать на поправочный коэффициент, определяемый по формулам:

– для подъема

$$K = 0,88 + 8i, \quad (4.10)$$

– для спуска

$$K = 1,09 - 6i, \quad (4.11)$$

где  $i$  – продольный уклон проектной линии дороги, на которую выходит ППО, ЛПО (в курсовом проекте можно принять уклон  $i$  в точке К' ППО, ЛПО).

Минимальная длина полос торможения и разгона – 50 м.

Длину отгона полос торможения и разгона следует принимать по таблице 4.10.

Таблица 4.10

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

В курсовом проекте определяют пикетное положение начала полос торможения и отгона их, конца полос разгона и отгона их для четырех ППО и ЛПО (см. рисунок 4.3) по формулам:

$$PK1(HT) = PK1(A) \pm S_T, \quad PK1(HO) = PK1(HT) \pm S_0, \quad (4.12)$$

$$PK2(KP) = PK2(A') \pm S_p, \quad PK2(KO) = PK2(KP) \pm S_0. \quad (4.13)$$

Знаки «+» или «-» зависят от направления пикетажа на дорогах № 1 и № 2. Данные о пикетном положении начала, конца полос торможения, разгона и их отгонов приводятся в виде таблицы 4.11.

Таблица 4.11



в графе 6 – порядковый номер чертежа;  
в графе 7 – количество чертежей в курсовом проекте;  
в графе 8 – МО РБ, БНТУ, ФТК, кафедра «Проектирование дорог»;  
в графе 9 – руководитель, исполнитель;  
в графе 10, 11, 12 – фамилия, подписи и дата подписей.

В графе 4 возможны три варианта:

1. «Разбивка ЛПО методом координат  $x, y$ ».
2. «Разбивка ЛПО методом угловых засечек».
3. «Разбивка ЛПО».

## **5. РАССТАНОВКА ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ НА ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКЕ «ПОЛНЫЙ КЛЕВЕРНЫЙ ЛИСТ»**

На транспортной развязке «полный клеверный лист» левоповоротные и правоповоротные соединительные ответвления имеют участки разветвления и слияния потоков автомобильного транспорта. Точки пересечения потоков отсутствуют.

### **5.1. Расстановка дорожных знаков в зоне разветвления потоков**

В зоне разветвления потоков ЛПО необходимо дать информацию о направлении движения на транспортной развязке и за ее пределами. Для этого перед транспортной развязкой устанавливают дорожный знак 5.20.1 «Предварительный указатель направлений» на расстоянии не менее 300 м от начала отгона полосы торможения (рисунок 5.1) или начала правоповоротного соединительного ответвления, если полоса торможения отсутствует (дороги IV, V категорий). На дороге I-а категории знак 5.20.1 устанавливается также предварительно за 2–3 км до транспортной развязки.

На дорогах I категории в начале полосы торможения над дорогой устанавливают дорожный знак 5.20.2 «Предварительный указатель направлений» (рисунок 5.1).

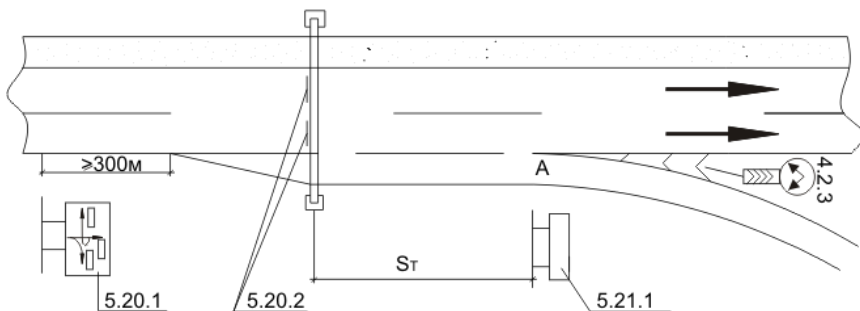


Рисунок 5.1 – Схема расстановки дорожных знаков на дороге I категории в зоне разветвления потоков (ППО)

На двухполосных дорогах II, III категорий дорожный знак 5.20.2 не устанавливается. Взамен его устанавливают знаки 5.8.3 «Начало полосы справа» и 5.8.1 «Направление движения по полосам» (рисунок 5.2). На дорогах IV категории полосы торможения и разгона не предусматривают. Поэтому и знаки 5.8.3 и 5.8.1 не устанавливают.

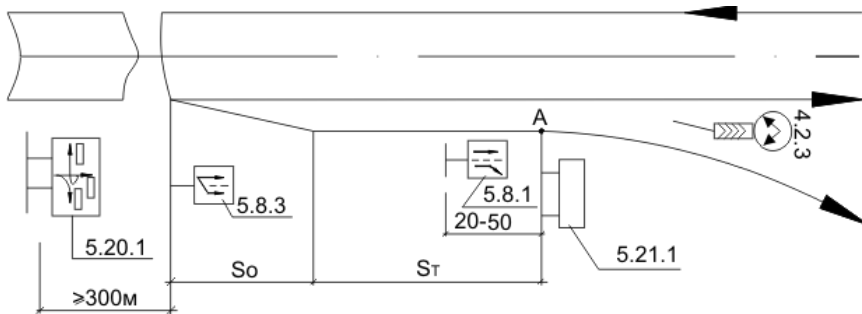


Рисунок 5.2 – Расстановка дорожных знаков на дорогах II, III категорий в зоне разветвления потоков (ППО)

В начале правоповоротного и левоповоротного соединительного ответвления (в сечении, проходящем через точку А, см. рисунки 5.1, 5.2) необходимо установить дорожный знак 5.21.1 «Указатель направлений». После разделения бровок обочин основной дороги и соединительного ответвления устанавливают дорожный знак 4.2.3 «Объезд препятствия справа или слева» (рисунки 5.1, 5.2). В зоне разветвления левоповоротного соединительного ответвления на дорогах I, II, III ка-

тегорий устанавливают знаки 5.8.3 в начале отгона полосы торможения, знак 5.8.1 перед концом полосы торможения. (см. рисунок 5.2), 5.21.1 в начале ЛПО (и 4.2.3). Длина полос торможения и разгона и отгона их определяется по методике, изложенной в пункте 4.3. В случае окончания ППО или ЛПО на дороге I-а категории в начале ППО или ЛПО устанавливают знак 5.3 «Дорога для автомобилей».

## 5.2. Расстановка дорожных знаков в зоне слияния потоков

В зоне слияния потоков (ЛПО, ППО) необходимо обеспечить преимущественное право проезда транспорта по прямому направлению основной дороги, на которой заканчивается ЛПО или ППО. Для этого на соединительном ответвлении до начала полосы разгона, а при ее отсутствии в конце соединительного ответвления устанавливают знак 2.4 «Уступить дорогу». На одной стойке со знаком 2.4 размещают дорожный знак 4.1.1 «Движение только прямо», если касательная к кривой в точке  $K'$  менее  $30^\circ$ , или знак 4.1.2 «Движение только направо», если он более  $30^\circ$ . Если ППО или ЛПО заканчивали на дороге I категории, то вместо знака 4.1.1 или 4.1.2 устанавливают знак 5.7.1 «Выезд на дорогу с односторонним движением» (рисунок 5.3).

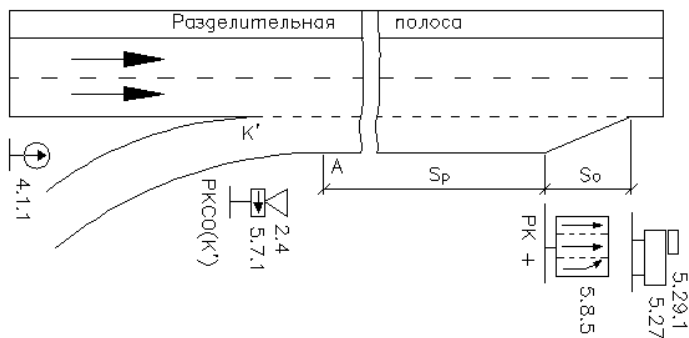


Рисунок 5.3 – Расстановка дорожных знаков в зоне слияния потоков

Если соединительное ответвление заканчивается полосой разгона, то в ее конце устанавливают знак 5.8.5 «Конец полосы» (см. рисунок 5.3).

На дороге, на которой заканчивается соединительное ответвление, устанавливают знак 4.1 «Движение только прямо». На дорогах, не имеющих разделительной полосы, на противоположной стороне знака



4.1.1 устанавливают дорожный знак 3.1 «Въезд запрещен». Он предназначен для водителей, движущихся по встречной полосе движения.

С целью обеспечения маршрутного ориентирования после окончания транспортной развязки устанавливают дорожный знак 5.27 «Указатель расстояний» и знак 5.29.1 «Номер маршрута».

Окончанием транспортной развязки по направлению дороги АВ является положение конца отгона полосы разгона ППО или конца ППО при отсутствии полосы разгона.

### 5.3. Составление ведомости установки дорожных знаков

В курсовом проекте ведомость установки дорожных знаков необходимо составить для нижней дороги с одной стороны и для верхней дороги до путепровода по форме, приведенной в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Пикетное положение	Номер знака	Число стоек	Высота насыпи
Нижняя дорога (лево или право)			
15+20	5.20.1	2	2.0
...	...	...	...
Верхняя дорога (лево)			
...	...	...	...
Верхняя дорога (право)			
...	...	...	...
...			

*Примечания:* 1. Дорожные знаки 2.4, 3.1, 4.1, 5.8 имеют типоразмер ...

2. Пикетное положение дорожного знака следует принимать с точностью 1 м.

Дорожные знаки 2.4, 3.1, 4.1, 5.8 устанавливаются на одной стойке, дорожные знаки 5.20.1, 5.21.1 – на двух (трех) стойках. Стандартные дорожные знаки 2.4, 3.1, 4.5, 5.8 могут иметь типоразмеры I, II, III, IV в зависимости от числа полос движения. На дорогах с двумя (тремя) полосами принимают типоразмер II, на дорогах с четырьмя и более полосами – III, на автомагистралях – IV. В примечании к таблице 5.1 указывают типоразмер стандартных знаков.

Размер знаков индивидуального проектирования 5.20.1, 5.20.2 и 5.21.1 зависит от объема наносимой на них информации и рассчитывается.

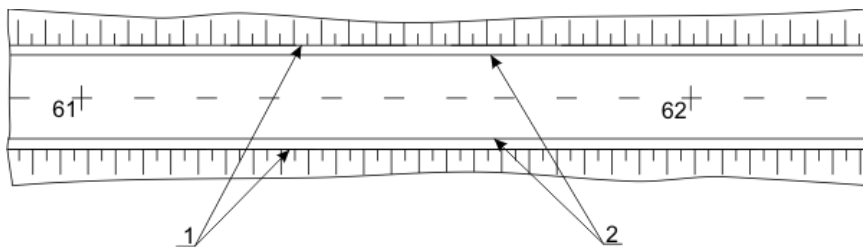
В курсовом проекте расчет их размера не требуется, количество стоек можно принять равным 2.

#### 5.4. Составление схемы расстановки дорожных знаков

Схема расстановки дорожных знаков приводится на чертеже под названием «Схема организации движения на транспортной развязке».

В курсовом проекте схему организации движения на транспортной развязке разрабатывают для половины транспортной развязки.

Транспортную развязку делят на две части по оси нижней дороги. На листе ватмана формата А1 вычерчивают план трассы (план осей) пересекающихся дорог и соединительных ответвлений в масштабе 1:1000. На осях дорог и соединительных ответвлениях наносят целые пикеты и подписывают их (рисунок 5.4).



1 – бровка обочины; 2 – кромка проезжей части  
Рисунок 5.4 – Фрагмент двухполосной дороги

Принимают поперечный масштаб 1:500 и проводят параллельно оси дорог или соединительного ответвления линии кромок проезжей части, бровок обочин, отмечают также положение подошвы откосов насыпей, бровки откосов выемки, дна кюветов на основе величин рабочих отметок. Обозначают наименование соединительных ответвлений (ЛПО1, ..., ППО1, ...) и пикетное положение их начала и конца, на пересекающихся дорогах радиусы горизонтальных кривых.

В случае, если отдельные фрагменты транспортной развязки не размещаются на листе ватмана, то их выносят на свободное место на чертеже.

По данным ведомости установки дорожных знаков вычерчивают их положение на схеме организации движения, указывая номер дорожного знака рядом с его изображением, пикетное положение и число стоек. Так как знак 5.20.1 «Предварительный указатель направлений» устанавливают до начала транспортной развязки, то он размещается у начала транспортной развязки или на свободном месте чертежа рядом с началом транспортной развязки.

Пикетное положение дорожного знака указывается с точностью до 1 м.

## **6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ НА ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКЕ «ПОЛНЫЙ КЛЕВЕРНЫЙ ЛИСТ»**

Дорожная разметка делится на две группы: горизонтальную, наносимую на усовершенствованное покрытие, и вертикальную, расположенную на элементах дорожного обустройства и инженерных сооружений.

При проектировании дорожной разметки на транспортной развязке «Полный клеверный лист» применяют разметку 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 1.8, 1.16, 1.18, 1.19 и вертикальную 2.1, 2.2, 2.4, 2.5.

Разметка 1.1 – сплошная белая линия шириной  $b_1$ . На транспортной развязке она применяется для обозначения границ полос движения в опасных местах.

Разметка 1.2 – сплошная белая линия шириной  $b_1$ . Предназначена для обозначения края проезжей части. На пересекающихся дорогах она наносится на укрепленной полосе вдоль кромки проезжей части, на соединительных ответвлениях – на проезжей части.

Разметка 1.3 – двойная сплошная линия белого цвета. Предназначена для разделения транспортных потоков противоположных направлений на дорогах без разделительной полосы, если в поперечном сечении четыре и более полос движения.

Разметка 1.5 – прерывистая белая линия шириной  $b_1$ . Длина штриха может быть от 1 до 3 м при скорости движения 60 км/ч и менее. Расстояние между штрихами принимают в три раза больше его длины. Такая разметка применяется для разделения встречных потоков на двух полосных дорогах и для обозначения границ полос движения на дорогах I категории.

Разметка 1.6 – прерывистая линия шириной  $b_1$ . Длина штриха принимается 3–6 м при скорости движения 60 км/ч и менее и 6–9 м при скорости движения более 60 км/ч. Расстояние между штрихами в три раза меньше их длины. Разметка предназначена для обозначения приближения к сплошной линии. Длина разметки 50 (100) м.

Разметка 1.8 – прерывистая белая линия шириной 0,20 м (0,3 м на дороге категории I-а). Штрих длиной 1 м наносят через 3 м.

Разметка 1.13 – поперечная линия белого цвета. Состоит из равнобедренных треугольников высотой 0,60 м и основанием 0,50 м. Расстояние между основаниями треугольников – 0,50 м. Такая разметка предназначена для обозначения места, где водитель должен уступить дорогу.

Разметки 1.16.2, 1.16.3 (рисунок 6.1) предназначены для обозначения мест разделения (1.16.2) или слияния (1.16.3) транспортных потоков одного направления.



Рисунок 6.1 – Изображение разметок 1.16.2, 1.16.3, 1.18.1, 1.18.2, 1.18.4, 1.19, 1.20

Разметки 1.18.1, 1.18.2, 1.18.4 (см. рисунок 6.1) предназначены для обозначения направлений движения по полосам.

Разметка 1.19 (см. рисунок 6.1) применяется для обозначения приближения к концу полосы разгона.

Разметка 1.20 (см. рисунок 6.1) предназначена для обозначения приближения к поперечной разметке 1.13.

### 6.1. Проектирование дорожной разметки в зоне разветвления и слияния транспортных потоков на правоповоротном соединительном ответвлении

Правоповоротное соединительное ответвление на дорогах I, II и III категорий начинается с полосы торможения и заканчивается полосой разгона. На дорогах IV, V категорий переходно-скоростные полосы (ПСП) не предусматривают.



$\Delta b$  – уширение проезжей части при переходе от ППС к соединительному ответвлению (СО), равное половине разности ширины полос движения ППС и СО при двухстороннем уширении.

По оси дорог II, III категорий на участке с проезжей частью, имеющей 4 полосы движения, проектируют разметку 1.3. Рядом с номером разметки указывают ее длину. Плюсуют положение точек  $a$  и  $a'$  (см. рисунок 6.2) относительно предыдущего пикета дороги. За пределами разметки 1.3 по направлению к пересечению осей дорог (точка  $O$ ) предусматривают разметку 1.1, а по направлению от пересечения осей – разметку 1.6.

На полосе торможения проектируют разметки 1.18.1 и 1.18.2 (см. рисунок 6.2) дважды или трижды в зависимости от длины полосы торможения. Концы стрелок должны заканчиваться в начале ППО (в точке  $A$ ). Поэтому пикетное положение начала стрелок будет отличаться на их высоту, равную 5 м. Расстояние между разметками 1.18.1 (1.18.2) вдоль полосы торможения принимают 20 (30 м).

На полосе разгона проектируют две разметки 1.19 (см. рисунок 6.2) начиная с конца полосы. Необходимо, чтобы последняя стрелка заканчивалась за 20 (40) м до конца полосы разгона. Предыдущая разметка 1.19 должна быть на расстоянии 90–100 м.

В случае дороги I категории на оси дороги располагается разделительная полоса. Расположенные на ней укрепленные полосы обозначаются разметкой 1.2. Соседние полосы попутного направления отделяются разметкой 1.5. Остальные элементы разметки аналогичны, как и для дорог II, III категорий (см. рисунок 6.2).

В случае дороги IV категории встречные полосы движения отделяют разметкой 1.1.

## **6.2. Дорожная разметка в зоне разветвления и слияния потоков на левоповоротных соединительных ответвлениях**

Левоповоротные соединительные ответвления на дорогах I, II, III категорий имеют общие ПСП. Так, на схеме, представленной на рисунке 6.3, ЛПО1 и ЛПО2 имеют общую ПСП от начала полосы торможения ЛПО2. Она сопрягается с основной полосой дороги отгонами и отделяется разметкой 1.8, которая равна разности пикетных положений точек  $f_1$  и  $f_2$  или  $f_3$  и  $f_4$  (см. рисунок 6.3). Точка  $f_1$  является концом отгона полосы разгона ЛПО2, точка  $f_2$  – началом отгона полосы тор-

можения ЛПО1. Пикетное положение точек  $f_1$  и  $f_2$  определяют по формулам

$$PK1(f_1) = PK1(A'2) \pm S_{PЛ2} + S_{OP}; \quad (6.2)$$

$$PK1(f_2) = PK1(A1) \mp S_{ТЛ1} + S_{OT}, \quad (6.3)$$

где  $PK1(A'2)$  – пикетное положение на дороге № 1 конца ЛПО2;

$S_{PЛ2}$  – длина полосы разгона ЛПО2;

$PK1(A1)$  – пикетное положение на дороге № 1 начала ЛПО1;

$S_{OP}, S_{OT}$  – длина отгона полос разгона и торможения.

На ПСП на участке полосы торможения ЛПО1 проектируют разметки 1.18.1 и 1.18.4 через 30 м так, чтобы концы последних стрелок находились в начале ЛПО1 (рисунок 6.3, точка 4).

На участке полосы разгона ЛПО2 предусматривают разметку 1.19 (две стрелки). Последняя стрелка заканчивается перед концом полосы разгона на расстоянии 20 м (см. рисунок 6.3). Расстояние между предыдущей разметкой 1.19 – 90–100 м. Допускается уменьшать это расстояние.

По оси дорог II, III категорий на участке с четырьмя полосами движения предусматривают разметку 1.3, а на остальном протяжении (до ППО) – разметку 1.1.

Пикетное положение  $a_1, a_2, a_3, a_4$  на дороге в курсовом проекте может быть принято одинаковым с положением соответствующих точек К и К'.

В конце ЛПО2 и ЛПО4 (см. рисунок 6.3) для дублирования знака 2.4 предусматривают разметки 1.13 и 1.20, а также 1.16.3. Вначале ЛПО1 и ЛПО3 проектируют горизонтальную разметку 1.16.2. Взамен 1.16.2 может применяться вертикальная разметка 2.1.3, которую прикрепляют на стойку знака 4.2.3.





### 6.3. Составление ведомости устройства дорожной разметки

В курсовом проекте составляют ведомость по устройству дорожной разметки на половине дороги, проходящей в верхнем уровне, и на половине проезжей части дороги, проходящей в нижнем уровне. В случае, если в нижнем уровне проходят дороги II–IV категорий, то разметки 1.1, 1.3, 1.6, проходящие по оси проезжей части нижней дороги, включают эту ведомость.

Кроме того, приводят работы по устройству разметки на одном ЛПО и одном ППО. Форма ведомости устройства дорожной разметки приведена в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Участок развязки	Номер разметки	Пикетное положение		Протяжение, п.м	Количество
		начало	конец		
Дорога 1	1.2 (лево)	+	+	+	–
	1.2 (право)	+	+	+	–
	1.19	+	+	–	+
Дорога 2					
ЛПО1					
ППО2					

## 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОГРАЖДЕНИЙ НА ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКЕ «ПОЛНЫЙ КЛЕВЕРНЫЙ ЛИСТ»

### 7.1. Общие сведения о дорожных ограждениях

Дорожные ограждения подразделяются на три группы [2]: транспортные, пешеходные и специальные (защитные).

*Ограждения первой группы* предназначены для предотвращения непреднамеренных съездов транспортных средств дорожного полотна, с проезжей части мостов и путепроводов, выезда на полосы встречного движения, а также наездов на массивные препятствия, расположенные у дорожного полотна.

Эти ограждения разделяются:

- на металлические односторонние;
- металлические двухсторонние;
- тросовые;
- парапетные (железобетонные).

*Ограждения второй группы* подразделяются на удерживающие и ограничивающие.

Удерживающие ограждения предназначены для предотвращения падения пешеходов с мостов, путепроводов, насыпей высотой более 2,0 м при расположении края тротуара от бровки обочины на расстоянии менее 1,5 м. Удерживающая способность таких ограждений должна быть не менее 1,27 кН, высота – не менее 1,1 м.

Ограничивающие ограждения перильного типа применяют для предотвращения выхода пешеходов на проезжую часть. На автомобильных дорогах их устанавливают на разделительной полосе или с противоположной стороны проезжей части против остановочных пунктов маршрутных транспортных средств в пределах остановочной площадки и на протяжении не менее 20 м от ее границ по ходу движения маршрутных транспортных средств.

*Ограждения третьей группы* (сетки, решетки) могут устанавливать для предотвращения выхода животных на проезжую часть автомобильной дороги.

## 7.2. Классификация и конструкция металлических ограждений

Металлические и тросовые ограждения при наезде автомобиля деформируются (рисунок 7.1), поглощая энергию бокового соударения автомобиля с ограждением.

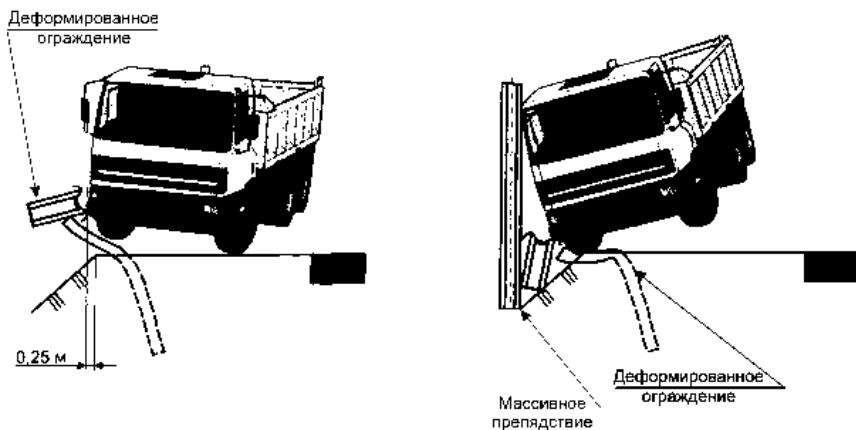


Рисунок 7.1 – Схема деформации ограждения, установленного на обочине высокой насыпи (а) и у массивного препятствия (б)

Энергия бокового соударения автомобиля с ограждением  $M$  определяется по формуле

$$E_a = 0,5 \frac{m_a}{g} (V_0 \cdot \sin \alpha)^2 / 102, \text{ кДж}, \quad (7.1)$$

где  $m_a$  – масса автомобиля, кг;

$V_0$  – скорость автомобиля в момент его наезда на ограждение, зависит от категории дороги, ширины обочины, продольного уклона;

$\alpha$  – угол наезда автомобиля на ограждение, зависит от параметров трассы автомобильной дороги (принимают угол наезда  $20^\circ$ ).

Дорожные ограждения первой группы делятся по величине удержания энергии бокового соударения на степени удержания СУ1...СУ10 (таблица 7.1).

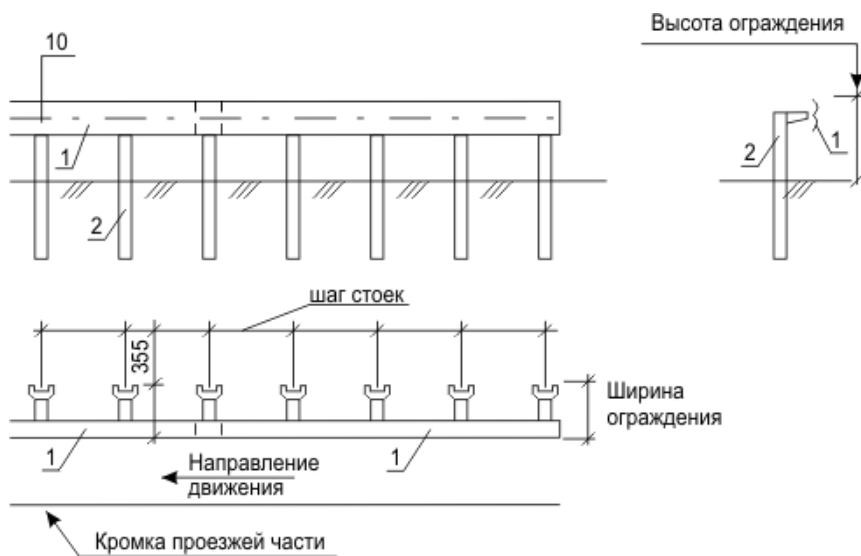
Таблица 7.1

Степень удержания	СУ1	СУ2	СУ3	СУ4	СУ5	СУ6	СУ7	СУ8	СУ9	СУ10
Энергия удержания, кДж	126,6	190	250	287,5	350	400	462,1	500	572	600

Металлические ограждения состоят из начального, рабочего и конечного участков.

Рабочий участок металлического ограждения состоит из стальных балок специального профиля, которые крепятся к стойкам.

На рисунке 7.2 показано барьерное ограждение с одной балкой. Для увеличения энергии удержания могут предусматривать две или три балки.



1 – балки, 2 – стойки

Рисунок 7.2 – Схема одностороннего барьерного ограждения с одной балкой

Барьерные металлические ограждения характеризуются высотой и шириной (см. рисунок 7.2).

Динамический прогиб (максимальный прогиб) – величина перемещения лицевой поверхности ограждения при наезде автомобиля.

В настоящее время металлические ограждения в Республике Беларусь не изготавливают, импортируют на основе тендерных торгов из России.

Обозначение (марка) рабочего участка дорожных ограждений в России в соответствии с ГОСТР 52607-2006 состоит из восьми позиций, которые обозначим значениями:  $X_1X_2X_3X_4 / X_5 - X_6 - X_7 - X_8$ .

Вместо  $X_1-X_8$  принимают:

$X_1$  – группа ограждений (первая,  $X_1 = 1$ );

$X_2$  – тип ограждения (боковое,  $X_2 = 1$ );

$X_3$  – дорожное ( $X_3 = Д$ ) или мостовое ( $X_3 = М$ );

$X_4$  – одностороннее ( $X_4 = О$ ) или двухстороннее ( $X_4 = Д$ );

$X_5$  – уровень удерживающей способности (У1 (130), У2 (190)...);

$X_6$  – высота ограждения, м;

$X_7$  – шаг стоек, м;

$X_8$  – динамический прогиб, м.

Так, обозначение ограждения в виде 11ДО/У1(130) – 0,75 – 3,0 – 1,3 означает, что это ограждение первой группы, боковое, дорожное, уровень удержания У1, соответствующий энергии 130 кДж, высота ограждения – 0,75 м, шаг стоек – 3,0 м, динамический прогиб – 1,3 м.

В Российской Федерации изготавливают металлические ограждения, имеющие различные характеристики. Так, ЗАО ДЗМК «Метако» (г. Домодедово) выпускает металлические ограждения, характеристики которых приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2

№ п/п	Обозначение (марка) рабочего участка ограждения	Уровень удерживающей способности, кДж	Высота, м	Шаг стоек, м	Динамический прогиб, м	Рабочая ширина, м	Ширина*, м	Количество балок, шт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1. ДОРОЖНЫЕ ОДНОСТОРОННИЕ</b>								
1	11ДО/У1(130)-0,75-3,0-1,3	130	0,75	3,0	1,3	1,4	0,360	1
2	11ДО/У2(190)-0,75-2,0-1,2	190	0,75	2,0	1,2	1,3	0,360	1
3	11ДО/У3(250)-0,75-2,0-1,2	250	0,75	2,0	1,2	1,3	0,360	1

Окончание таблицы 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	11ДО/У4(300)-0,90-2,0-1,3	300	0,90	2,0	1,3	1,8	0,390	1
5	11ДО/У5(350)-1,10-1,0-1,0	350	1,10	1,0	1,0	1,2	0,390	2
6	11ДО/У5(350)-1,10-1,5-1,1	350	1,10	1,5	1,1	1,3	0,390	2
7	11ДО/У5(350)-1,10-2,0-1,25	350	1,10	2,0	1,25	1,5	0,390	2
8	11ДО/У5(350)-1,10-1,0-0,8	350	1,10	1,0	0,7	0,9	0,390	2
9	11ДО/У5(350)-1,10-1,5-0,9	350	1,10	1,5	0,9	1,0	0,390	2
10	11ДО/У5(350)-1,10-2,0-1,0	350	1,10	2,0	1,0	1,1	0,390	2
11	11ДО/У6(400)-1,10-1,0-1,1	400	1,10	1,0	1,1	1,2	0,390	2
12	11ДО/У6(400)-1,10-1,5-1,2	400	1,10	1,5	1,23	1,47	0,390	2
13	11ДО/У6(400)-1,10-1,0-0,9	400	1,10	1,0	0,9	1,1	0,390	2
14	11ДО/У6(400)-1,10-1,5-1,0	400	1,10	1,5	1,0	1,2	0,390	2
15	11ДО/У6(400)-1,10-2,0-1,1	400	1,10	2,0	1,1	1,5	0,390	2
16	11ДО/У7(450)-1,10-1,0-0,98	450	1,10	1,0	0,98	1,1	0,390	2
17	11ДО/У7(450)-1,10-1,5-1,1	450	1,10	1,0	1,1	1,3	0,390	2
18	11ДО/У7(450)-1,10-1,0-1,2	450	1,10	1,0	1,2	1,5	0,390	2
<b>2. ДОРОЖНЫЕ ДВУСТОРОННИЕ</b>								
19	11ДД/У4(300)-0,9-2,0-1,3	300	0,9	2,0	1,3	1,8	0,630	1
20	11ДД/У5(350)-1,1-2,25-1,1	350	1,1	2,25	1,1	1,5	0,630	2
21	11ДД/У6(400)-1,1-2,0-1,15	400	1,1	2,0	1,15	1,64	0,630	2
22	11ДД/У7(450)-1,1-1,5-1,1	450	1,1	1,5	1,1	1,6	0,630	2
<b>3. МОСТОВЫЕ ОДНОСТОРОННИЕ</b>								
23	11МО/У1(130)-0,75-2,0-0,75	130	0,75	2,0	0,75	0,9	0,400	1
24	11МО/У2(190)-0,75-1,5-0,75	190	0,75	1,5	0,75	0,9	0,400	1
25	11МО/У3(250)-0,9-2,25-0,70	250	0,90	2,25	0,70	0,90	0,375	1
26	11МО/У4(300)-0,9-2,0-0,70	300	0,9	2,0	0,70	0,90	0,375	1
27	11МО/У5(350)-1,1-2,25-0,98	350	1,1	2,25	0,98	1,2	0,375	2
28	11МО/У6(400)-1,1-2,0-0,98	400	1,1	2,0	0,98	1,30	0,375	2
29	11МО/У7(450)-1,1-1,5-0,98	450	1,1	1,5	0,98	1,3	0,375	2
30	11МО/У8(500)-1,5-2,0-0,89	500	1,5	2,0	0,89	1,15		3
31	11МО/У9(550)-1,5-1,5-0,89	550	1,5	1,5	0,89	1,15		3
32	11МО/У10(600)-1,5-1,0-0,90	600	1,5	1,0	0,90	1,20		3
<b>4. МОСТОВЫЕ ДВУСТОРОННИЕ</b>								
33	11МД/У4(300)-0,9-2,0-0,70	300	0,9	2,0	0,7	0,9	0,620	1
34	11МД/У5(350)-1,1-2,25-0,60	350	1,1	2,25	0,6	0,95	0,620	2
35	11МД/У6(400)-1,1-2,0-0,63	400	1,1	2,0	0,63	0,98	0,620	2
36	11МД/У7(450)-1,1-1,5-0,63	450	1,1	1,5	0,63	0,98	0,620	2
37	11МД/У8(500)-1,1-1,0-0,63	500	1,1	1,0	0,63	0,98	0,620	2

### 7.3. Выбор конструкции металлического ограждения

Конструкции металлических ограждений различаются величиной кинетической энергии, которую они могут воспринять при наезде автомобиля (см. таблицу 7.1).

Выбор степени удержания ограждений зависит от дорожных условий и места установки ограждения.

Сложность дорожных условий на автомобильных дорогах вне населенных пунктов определяют по таблице 7.3.

Таблица 7.3

Сложность дорожных условий	№ п/п	Места установки дорожных ограждений первой группы
1	2	3
1-а	1	На разделительной полосе шириной менее 5,0 м, расположенной в одном уровне с проезжей частью, на которой отсутствуют массивные препятствия*.
	2	На обочинах автомобильных дорог, проходящих вдоль болот, водных потоков или водоемов глубиной более 2,0 м и оврагов, находящихся на расстоянии от 15 до 25 м от края проезжей части.
	3	На обочинах автомобильных дорог, проложенных вдоль железнодорожных путей на расстоянии от 15 до 25 м от края проезжей части автомобильной дорог, кроме участков, расположенных выше уровня проезжей части дорог более 0,5 м.
	4	На обочинах и разделительной полосе дорог, проходящих на подходах к мостовым сооружениям при высоте насыпи менее, указанной в таблице 7.3, на автомобильных дорогах, по геометрическим параметрам соответствующих V-VI-а (VI-б), II-IV, I-а – I-в категорий по ТКП 45-3.03-19, протяженностью 12, 18 и 24 м без учета начальных и конечных участков.
	5	На обочинах дорог, проходящих на насыпи с откосами круче 1:3 при условиях, указанных в таблице 7.4.
	6	На проезжей части двух- и трехполосных дорог в разных направлениях для разделения транспортных потоков встречных направлений на УКДТП.

Окончание таблицы 7.3

1	2	3
2-а	7	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 1000 авт/сут*.
	8	На обочинах дорог, расположенных <i>на участках с насыпью, высотой 5 м и более.</i>
	9	На обочинах дорог, расположенных на склоне местности круче 1:3.
	10	На обочинах 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.
	11	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 до-рог более 0,5 м.
	12	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

\* Перспективная интенсивность движения на пятилетний период.

Участки автомобильных дорог вне населенных пунктов относятся по сложности дорожных условий к группе 1-а в зависимости от элементов трассы (радиусов горизонтальных кривых, продольных уклонов), высоты насыпи и интенсивности движения на перспективу 5 лет при условиях, приведенных в таблице 7.4.

Таблица 7.4



Участки автомобильных дорог вне населенных пунктов	Продольный уклон дороги, %	Минимальная высота насыпи, м, при перспективной интенсивности движения, авт./сут, не менее	
		100*	2000
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	До 40	4,0	3,0
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		
На вогнутой кривой в продольном профиле, сопрягающей участка с абсолютным значением алгебраической разности встречных уклонов 50 % и более	–		
С внешней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м на спуске и после него на участке длиной 100 м	40 и более	3,0	2,0

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

Степень удержания ограждений в зависимости от дорожных условий принимается по таблице 7.5.

На транспортных развязках минимальная степень удержания:

– на правоповоротных соединительных ответвлениях равна СУ3 для однополосных и СУ4 для двухполосных;

– на левоповоротных соединительных ответвлениях (прямые и полупрямые) СУ5.

Таблица 7.5

Участки автомобильных дорог	Продольный уклон дороги, %	Сложность дорожных условий	Геометрические параметры дороги, соответствующие категориям по ТКП 45.3.03-19				
			1-а, 1-б, 1-в	II	III	IV	V-VI-а (VI-б)
			6 полос и более	4 полосы	2-3 полосы	2 полосы (1 полоса)	
Обочины прямолинейных участков дорог и с кривыми в плане радиусом более 600 м	До 40	1-а	СУ4	СУ3	СУ2		СУ1
		2-а	СУ5	СУ4	СУ3		СУ2
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	СУ5	СУ4	СУ3	СУ2	СУ1
		2-а	СУ6	СУ5	СУ4	СУ3	СУ2
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	СУ5	СУ4	СУ3	СУ2	СУ1
		2-а	СУ6	СУ5	СУ4	СУ3	СУ2
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	СУ6	СУ5	СУ4	СУ3	СУ2
		2-а	СУ7	СУ6	СУ5	СУ4	СУ3
Обочина на вогнутой кривой в продольном профиле, сопрягающей участки с абсолютным значением алгебраической разности встречных уклонов 50 % и более	–	1-а	СУ5	СУ4	СУ3	СУ2	СУ1
		2-а	СУ6	СУ5	СУ4	СУ3	СУ2
Разделительная полоса	–	1-а	СУ5	СУ4	–		
		2-а	СУ6	СУ5	–		

Сложность дорожных условий на мостовых сооружениях (мостах, путепроводах) автомобильных дорог вне населенных пунктов определяется по таблице 7.6, а требуемая степень удержания – по таблице 7.7.

Таблица 7.6

Категория дороги ТКП 45-3.03-19	Сложность дорожных условий					
	1-ам		2-ам		3-ам	
	$R$ , м, более	$i$ , ‰, менее	$R$ , м	$i$ , ‰	$R$ , м, менее	$i$ , ‰, более
I-a	3000	20	2000–3000	20–30	2000	30
I-б, I-в	2000		1200–2000		1200	
II	2000	20	1200–2000	30–40	1200	40
III	2000	30	800–2000	30–40	800	40
IV	2000	30	800–2000	30–40	800	40
V, VI-a (VI-б)	500	40	100–500	40–50	600	50

*Примечания:* 1. На мостовом сооружении и примыкающих к нему участках подходов протяженностью по 100 м выбирают наименьшее значение радиуса кривой в плане  $R$  и наибольшее значение продольного уклона  $i$ .

2. Если значения радиуса и уклона окажутся в разных группах, принимают группу с более сложными условиями движения.

Таблица 7.7

Категория дороги по ТКП 45-3.03-19	Мостовое сооружение автомобильной дороги					
	с тротуарами или служебными проходами			без тротуаров или служебных проходов		
	Сложность дорожных условий					
	1-ам	2-ам	3-ам	1-ам	2-ам	3-ам
	Степень удержания					
I-a	СУ5	СУ6	СУ8	СУ6	СУ7	СУ9
I-б, I-в	СУ4	СУ5	СУ7	СУ5	СУ6	СУ8
II	СУ3	СУ4	СУ5	СУ4	СУ5	СУ6
III, IV	СУ2	СУ3	СУ4	СУ3	СУ4	СУ5
V, VI-a (VI-б)	СУ1	СУ2	СУ3	СУ2	СУ3	СУ4

*Примечание:* если интенсивность движения автомобилей, имеющих разрешенную максимальную массу 30 т и более, составляет не менее 1000 авт./сут, степени удержания принимаются на одну степень выше.

#### 7.4. Расположение рабочих участков металлических ограждений в поперечном сечении дорожного полотна

Односторонние металлические ограждения располагаются на обочине дорожного полотна. При этом должно быть выдержано расстоя-

ние от металлической балки ограждения до кромки проезжей части не менее 1 м. Кроме того, увеличенный на 0,25 м прогиб металлического ограждения не должен превышать расстояние от лицевой стороны недеформированного ограждения до бровки обочины (рисунок 7.3). Расстояние от стойки ограждения до бровки обочины должно быть 0,50–0,85 м.

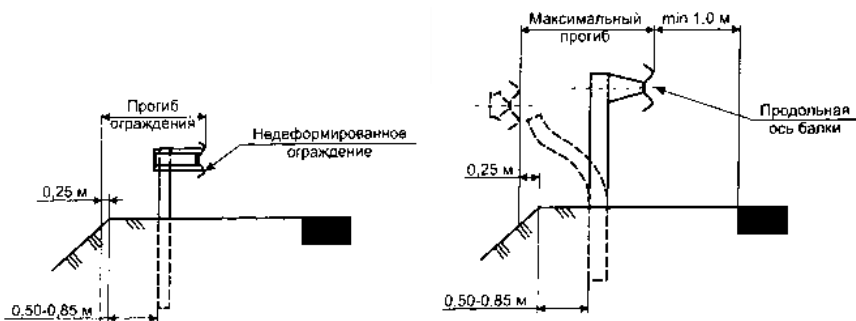


Рисунок 7.3 – Расположение ограждения на участке высокой насыпи

В случае ограждения массивного препятствия, расположенного ближе 4 м от кромки проезжей части, необходимо, чтобы рабочая ширина ограждения не превышала расстояния от лицевой стороны недеформированного ограждения до препятствия (рисунок 7.4).

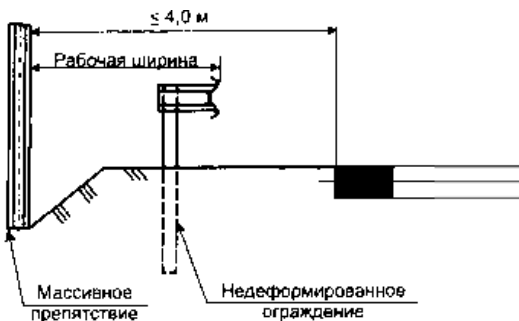


Рисунок 7.4 – Ограждение массивного препятствия, расположенного со стороны обочины

Рабочая ширина ограждения – расстояние от положения лицевой стороны недеформированного ограждения до тыльной стороны его после наезда автомобиля. Рабочая ширина ограждения включает ширину ограждения и его прогиб.

При установке двухстороннего металлического ограждения на разделительной полосе автомобильной дороги, на которой отсутствуют массивные препятствия, рабочая ширина ограждения не должна превышать расстояние от лицевой поверхности балки ограждения до края проезжей части (рисунок 7.5).



Рисунок 7.5 – Требование к установке двухстороннего ограждения на разделительной полосе

### 7.5. Начальные и конечные участки металлических ограждений

На двухполосных дорогах с двухсторонним движением металлические ограждения начинаются и заканчиваются начальным участком, так как возможен наезд на ограждение автомобиля со встречного направления. На дорогах I категории, на однопутных соединительных ответвлениях односторонние ограждения, устанавливаемые на обочине, заканчиваются конечным участком.

Начальный участок одностороннего металлического ограждения, устанавливаемого на обочине, проектируют с отгоном 1:20 к бровке обочины (рисунок 7.6). Минимальное расстояние от ограждения до бровки обочины – 0,25 м.

Торцевая поверхность начального участка может оканчиваться концевым элементом в виде закругленной конструкции (рисунок 7.9).

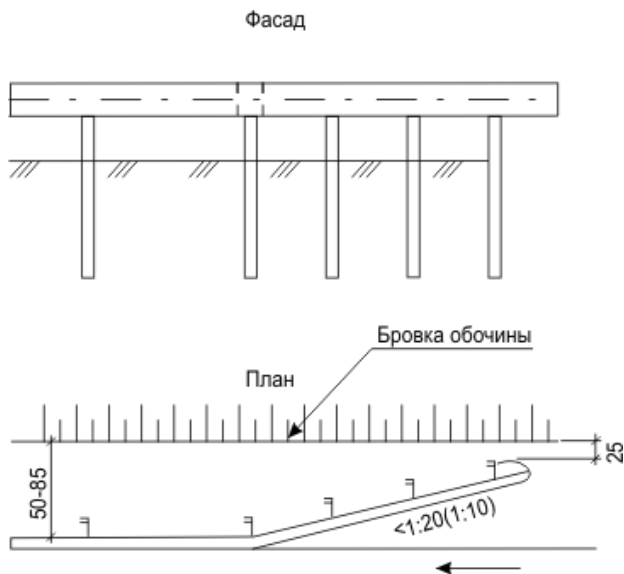


Рисунок 7.6 – Схема начального участка

Длина начального участка при расположении стоек ограждения на расстоянии 0,85 от бровки обочины составит 12 м.

По СНБ 1300-2007 начальный участок может быть понижен до поверхности обочины (рисунок 7.7), выполнен с изгибом балки в форме петли (рисунок 7.8).

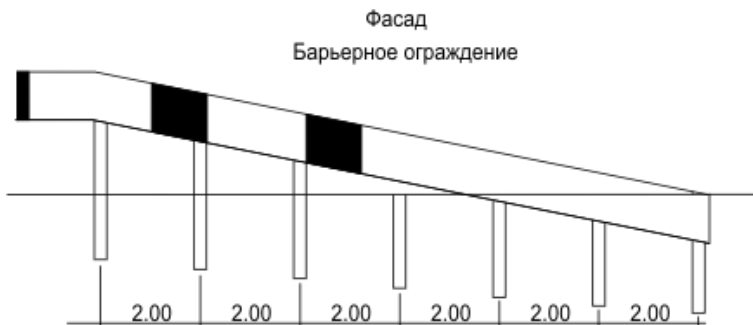


Рисунок 7.7 – Схема понижения начального участка

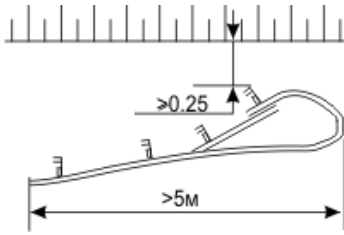


Рисунок 7.8 – Схема начального участка в виде петли

Конечный участок металлического ограждения, устанавливаемого на обочине, проектируют с отгоном к бровке обочины 1:10 и понижением его высоты к поверхности обочины.

В случае металлических ограждений, устанавливаемых на разделительной полосе, начальный и конечный участки конструктивно могут быть понижены до поверхности разделительной полосы с уклоном 1:15 (рисунок 7.9).

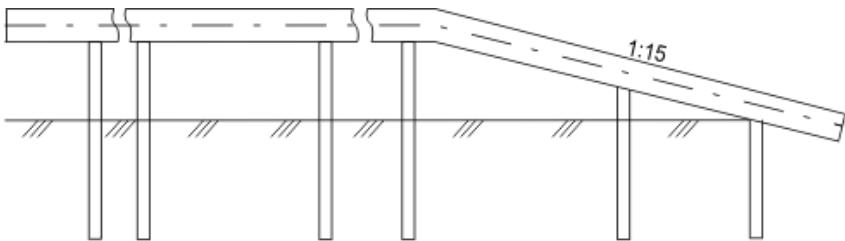
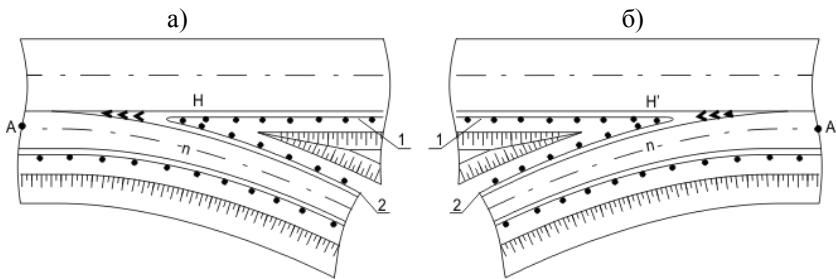


Рисунок 7.9 – Схема сопряжения начального участка ограждений, устанавливаемых на разделительной полосе

### 7.6. Проектирование металлического ограждения в зоне разветвления и слияния потоков

В зоне разветвления и слияния потоков ограждения на дороге между сечениями, проходящими через точки А или А' и Н или Н' (рисунок 7.10), прерываются.

Если по условиям, приведенным в таблице 7.3, необходимо проектировать барьерные ограждения по основной дороге и по соединительному ответвлению, то на внешней обочине это ограждение начинается в сечении, проходящем через точку *n* (рисунок 7.10). Сопряжение ограждений на дороге и внешней обочине соединительного ограждения осуществляется с помощью криволинейной балки радиусом 0,8 м.



*a* – в зоне разветвления потоков; *б* – в зоне слияния потоков;  
 1, 2 – ограждения на дороге и на соединительном ответвлении  
 Рисунок 7.10 – Сопряжение ограждений

### 7.6.1. Проектирование ограждений в зоне разветвления и слияния потоков на ЛПО, ППО без переходно-скоростных полос

Для проектирования ограждения по дороге и на соединительном ответвлении необходимо определить положение точек *H* и *n* (рисунок 7.11).

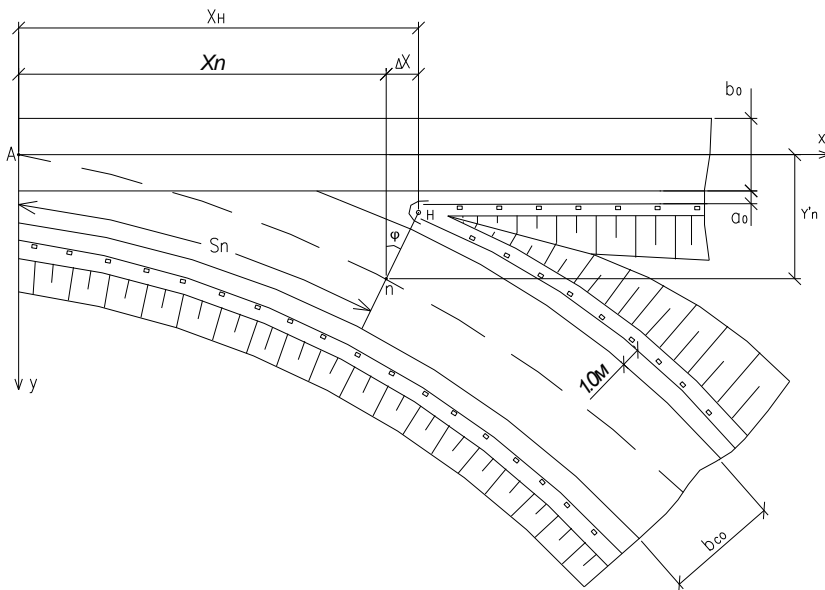


Рисунок 7.11 – Схема к проектированию ограждений в зоне разветвления потоков на ЛПО и ППО без ПСП



Пикетное положение точки Н на основной дороге № 1 в случае:  
– разветвления потоков:

$$PK1(A) \pm X_H, \quad (7.1)$$

слияния потоков:

$$PK1(A') \pm X'_H, \quad (7.2)$$

где  $PK1(A)$ ,  $PK1(A')$  – пикетное положение начала (точки А) или конца (точки А') соединительного ответвления;

$X_H$ ,  $X'_H$  – расстояние от точки А или А' до точки Н по основной дороге (см. рисунок 7.11).

Пикетное положение точки  $n$  на соединительном ответвлении  $PKCO(n)$  в случае:

– разветвления потоков

$$PKCO(H) = S_n, \quad (7.3)$$

– слияния потоков

$$PKCO(n) = PKCO(A') - S_n, \quad (7.4)$$

где  $PKCO(A')$  – пикетное положение конца соединительного ответвления.

$S_n$  – расстояние от начала (конца) соединительного ответвления (СО) до сечения на СО, в котором расположена точка Н (см. рисунок 7.11);

Расстояния  $X_H$  и  $S_n$  определяют в такой последовательности.

Вначале устанавливают, точка  $n$  находится (см. рисунок 7.11) на круговой кривой или на переходной. Для этого вычисляют ориентировочное значение расстояния от оси  $X$  до точки  $n$ , т.е. величину  $Y'_n$ .

По формуле (7.5а) с учетом (7.5б) и (7.5в), принимая угол  $\varphi$  (см. рисунок 7.11), равным углу  $\beta$  переходной кривой, определяют значение  $Y'_n$ :

$$Y'_n = M_1 + M_2 \cos \beta, \quad (7.5a)$$

$$M_1 = 0,5b + a_0 + z, \quad (7.5б)$$

$$M_2 = z + 1,0 + 0,5b_c, \quad (7.5в)$$

где  $\beta$  – угол переходной кривой ( $\beta = 0,5L/R$ );  
 $b$  – ширина полосы движения по дороге;  
 $a_0$  – расстояние от кромки проезжей части до ограждения ( $a_0 \geq 1,0$  м);  
 $Z$  – радиус криволинейной балки ( $Z = 0,8$  м);  
 $b_c$  – ширина проезжей части однопутного соединительного ответвления;  
 $1,0$  – расстояние от ограждения до кромки проезжей части соединительного ответвления.

Полученное значение координаты  $Y'_n$  сопоставляют с координатой  $Y_B$  конца переходной кривой. Значение  $Y_B$  вычислено ранее по формуле (2.13).

Если  $Y'_n > Y_B$ , точка  $n$  находится на круговой кривой. Если  $Y'_n \leq Y_B$ , то точка  $n$  находится на переходной кривой.

*Случай 1.* Точка  $n$  расположена на круговой кривой.

Расстояние до точки  $n$  на соединительном ответвлении определяется по формуле (7.6), координата  $X_H$  (рисунок 7.11) – по формуле (7.7):

$$S_n = L + R \left( \arccos \frac{R + \rho - M_1}{M_2 + R} - \beta \right), \quad (7.6)$$

$$X_H = t + (R + M_2) \sin \left( \beta + \frac{S_n - L}{R} \right), \quad (7.7)$$

где  $\rho$  – сдвигка переходной кривой;

$M_1, M_2$  – параметры по формуле (7.5);

$\beta$  – угол переходной кривой, в радианах ( $\beta = L/2R$ ).

$t$  – смещение начала закругления при введении переходной кривой, определено ранее ( $t = L/2$ ).

*Случай 2.* Точка  $n$  (см. рисунок 7.11) расположена на переходной кривой ( $Y'_n \leq Y_B$ ).

Вначале вычисляют ориентировочное расстояние до точки  $n$ :

$$S_n = \sqrt[3]{6RLY'_n}. \quad (7.8)$$

Далее определяют радиус кривизны в точке  $n$ . На расстоянии  $S_n$  от начала переходной кривой  $L$ :

$$\rho_n = S_n / RL. \quad (7.9)$$

Угол между касательной к переходной кривой в точке  $n$  и оси  $X$  (рисунок 7.15)

$$\beta_n = S_n / (2\rho_n). \quad (7.10)$$

Корректируют величину  $V'_n$  по формуле (7.5), принимая  $\beta = \beta_n$ , вычисляют новое значение  $S_n$  по формуле (7.8) и величину  $X_n$ :

$$X_n = S_n - S_n^5 / (40R^2 L^2). \quad (7.11)$$

Значение координаты  $X_H$  (см. рисунок 7.11)

$$X_H = X_n + M_2 \sin \beta_n, \quad (7.12)$$

где  $M_2$  – по формуле (7.5в).

### 7.6.2. *Определение величин $X_H$ и $S_n$ на сопряжении ППО и дороги I, II и III категорий*

В случае сопряжения ППО и дороги I, II, III категорий пикетное положение точек  $H$  и  $n$  на дороге и ППО вычисляют по формулам (7.1)–(7.4). Значение величин  $X_H$  и  $S_n$  (рисунок 7.12) вычисляют следующим образом.

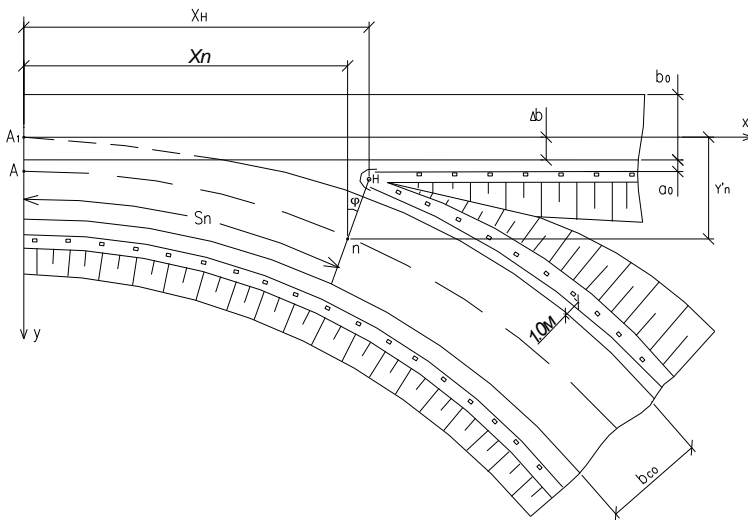


Рисунок 7.12 – Схема к проектированию ограждений в зоне разветвления потоков на ППО при наличии ПСП

Начало координат  $XU$  помещают в начало кромки проезжей части  $CO$ , проведенной до сечения, проходящего через точку  $A(A')$ . Вычисляют ориентировочное значение расстояния от точки  $n$  до оси  $x$  (см. рисунок 7.2) по формулам (7.13), принимая  $\varphi = \beta$ :

$$Y'_n = M_3 + M_4 \cos\beta; \quad (7.13a)$$

$$M_3 = (b_c - b)/2 + c + a_0 + z; \quad (7.13б)$$

$$M_4 = z + 1,0. \quad (7.13в)$$

Обозначение величин в формулах (7.13) соответствует обозначению в формулах (7.5).

Полученное значение  $Y'_n$  сопоставляют с координатой  $Y_b$  конца переходной кривой, вычисленное ранее.

В случае, когда  $Y'_n > Y_b$ , точка  $n$  находится на круговой кривой и координаты  $X_n$  и  $S_n$  вычисляют по формулам

$$S_n = L + R(\arccos((R + \rho - M_3)/(M_4 + R)) - \beta); \quad (7.14)$$

$$X_n = t + (R + M_4) \sin(\beta + (S_n - L)/R), \quad (7.15)$$

где  $M_3, M_4$  – по формуле (7.13);

$\beta$  – в радианах ( $\beta = L/(2R)$ ).

Если  $Y'_n \leq Y_b$ , то точка  $n$  находится на переходной кривой. Значения  $X_n$  и  $S_n$  вычисляют как в подпункте 7.6.1 (случай 2), принимая в формуле (7.12) вместо  $M_2$  величину  $M_4$  (см. формулу (7.13в)).

## 7.7. Последовательность проектирования ограждений

В курсовом проекте ограждения проектируют на дороге, проходящей в верхнем уровне на участке до или после путепровода, на левоповоротных соединительных ответвлениях, а также на правоповоротных, если они требуются по условиям, приведенным в таблице 7.4.

### 7.7.1. Последовательность проектирования ограждений на дороге № 1, проходящей в верхнем уровне

В начале устанавливают пикетное положение начала или конца путепровода РК1(НП), пикетное положение начала (точка А), конца (точка А') на ЛПО РК1(АЛПО) и РК1(А'ЛПО), а также пикетное положение точек А и А' на ППО РК1(АППО) и РК1(А'ППО). Далее по таблице 7.4 и по данным продольного профиля дороги, проходящей в верхнем уровне, определяют пикетное положение начала рабочего участка ограждения РК1(НРУ) (пикетаж к путепроводу) или конца рабочего участка ограждения (пикетаж от путепровода) РК1(КРУ).

При использовании таблицы 7.4 в курсовом проекте следует принимать перспективную интенсивность движения на пятилетний период не менее 100 авт./сут для дорог IV и V категорий и не менее 2000 авт./сут для остальных категорий.

Вычисляют пикетное положение точек возможного сопряжения ограждения дороги № 1 с ППО (точки Н и Н'):

$$РК1(НППО) = РК1(АППО) \pm x_H, \quad (7.16a)$$

$$РК1(Н'ППО) = РК1(А'ППО) \pm x_{H'}, \quad (7.16б)$$

где  $x_H, x_{H'}$  – расстояние от точки А или А' до точки Н или Н' по дороге № 1 вычисляется по методике, изложенной в пункте 7.6 (см. формулы (7.7), (7.12), (7.15)).

Сопоставляют пикетные положения начала (конца) рабочего участка ограждения и точек Н, Н' на ППО.

Возможны 2 случая:

*1 случай:*

$$РК1(НРУ) \geq РК1(НППО) \text{ и } РК1(НРУ) \geq РК1(Н'ППО)$$

или

$$РК1(КРУ) \leq РК1(НППО) \text{ и } РК1(КРУ) \leq РК1(Н'ППО).$$

В этом случае ограждения на ППО у дороги № 1 не предусматриваются.

На дороге № 1 в случае II, III, IV, V категорий перед рабочим участком проектируют начальный участок протяжением 12 м. В слу-

чае дороги I категории начальный участок располагают до рабочего, а конечный – после рабочего.

Если расстояние от точки Н или Н' до начала (конца) рабочего участка меньше 12 м, то для размещения начального (конечного) участка положение начала (конца) рабочего участка смещается к путепроводу на необходимую величину.

Степень удержания ограждений на дороге № 1 при высоте насыпи до 5 м принимают для сложности дорожных условий 1-а по таблице 7.5. Если на дороге № 1 высота насыпи больше 5 м, то сложность дорожных условий принимают 2-а и степень удержания ограждений увеличивается (см. таблицу 7.5).

Ограждения на дороге №1 прерываются в зоне сопряжения с ЛПО. Для этого вычисляют пикетное положение точки Н (см рисунки 7.11, 7.12) сопряжения ограждения на дороге № 1 и на ЛПО:

$$PK1(НЛПО) = PK1(АЛПО) \pm x_H, \quad (7.17a)$$

$$PK1(Н'ЛПО) = PK1(А'ЛПО) \pm x_{H'}, \quad (7.17b)$$

где  $x_H, x_{H'}$  – расстояние от точки А или А' до точки Н или Н' по дороге № 1 (см. рисунки 7.11, 7.12);

«±» – зависят от направления пикетажа.

Величины  $x_H$  и  $x_{H'}$  определяются по методике, изложенной в пункте 7.6 по формуле (7.12).

На участке от точки А или А' ЛПО до начала (конца) путепровода проектируют рабочий участок ограждения со степенью удержания в соответствии с таблицей 7.5 для сложности дорожных условий 1-а, если высота до 5 м, и 2-а, если высота больше  $h_n > 5$  м.

2 случай:

$$PK1(НРУ) PK1(АЛПО) \text{ и } PK1(НРУ) PK1(А'ЛПО) \quad (7.18a)$$

или

$$PK1(КРУ) PK1(АЛПО) \text{ и } PK1(КРУ) PK1(А'ЛПО). \quad (7.18b)$$

В этом случае рабочий участок начинается до ЛПО (пикетаж к путепроводу) или заканчивается после ЛПО (пикетаж от путепровода).

На дороге № 1 в случае II, III, IV, V категорий перед рабочим участком проектируют начальный участок протяжением 12 м. В слу-

чае I категории начальный участок располагают до рабочего и конечный после рабочего.

Если расстояние от точки Н или Н' до начала (конца) рабочего участка меньше 12 м, то для размещения начального (конечного) участка положение начала (конца) рабочего участка смещается к путепроводу на необходимую величину.

Перед (после) ППО рабочий участок заканчивается (начинается) на РК1(АППО) или РК1(А'ППО). Если на ППО ограждение не требуется, то до (после) рабочего участка проектируют начальный (в точке А') и конечный (в точке А) участки, размещаемые на обочине ППО.

Если на ППО требуются ограждения, то рабочий участок ограждения на дороге № 1 стыкуется с рабочим участком ограждения, устанавливаемого на внутренней обочине ППО.

На дороге № 1 на РК1(НППО) и РК1(Н'ППО) начинается (заканчивается) начальный (конечный) участок ограждения длиной 12 м, если на ППО ограждение не предусмотрено.

После начального (конечного) участка проектируют рабочий участок аналогично случаю 1.

Если на ППО предусмотрено ограждение, то от РК1(НППО) и РК1(Н'ППО) проектируют в сторону путепровода рабочий участок ограждения, который сопрягается с рабочим участком ограждения на ППО криволинейной балкой (рисунки 7.11, 7.12).

Рабочий участок после РК1(НППО) и РК1(Н'ППО) проектируют аналогично случаю 1.

### ***7.7.2. Последовательность проектирования ограждений на ЛПО и ППО***

На внутренней обочине ЛПО или ППО рабочий участок ограждения стыкуется с рабочим участком ограждения на дороге № 1 на РК1(АЛПО) и РК1(А'ЛПО), что соответствует РК ЛПО(А)=0+00 и РК ЛПО(А').

Положение конца (начала) рабочего участка определяется по таблице 7.4 и данным продольных профилей ЛПО или ППО. Интенсивность движения на ЛПО и ППО в курсовом проекте следует принять не менее 100 авт./сут.

На внешней обочине рабочий участок ограждения проектируют от точки Н (Н') (см. рисунки 7.11, 7.12), расположенной на расстоянии  $S_n$

от начала (конца) соединительного ответвления. Расстояние  $S_n$  определяют по методике, изложенной в пункте 7.6.

Положение конца (начала) рабочего участка ограждения на внешней обочине определяют по таблице 7.4 и данным продольных профилей ЛПО или ППО.

Рабочий участок ограждения на ЛПО на внутренней и внешней обочинах заканчивается конечным участком длиной 6 м (ЛПО начинается в точке А) или начинается начальным участком длиной 12 м (ЛПО заканчивается в точке А').

Степень удержания ограждений на ЛПО принимается равной СУ5.

Проектирование ограждений на ППО осуществляется аналогично как и на ЛПО.

Величина  $S_n$ , определяемая по формуле (7.11), будет отличаться от  $S_n$ , полученной для ЛПО.

Степень удержания ограждения на ППО принимается равной СУ3 для однополосных и СУ4 для двухполосных ППО.

В курсовом проекте рядом со степенью удержания в скобках указывают энергию удержания в кДж в соответствии с таблицей 7.1, например, СУ3 (250 кДж).

### 7.7.3. Составление ведомости проектируемых ограждений

Ведомость проектируемых ограждений в курсовом проекте составляется по форме, приведенной в таблице 7.8.

Таблица 7.8

Марка ограждения	Пикетное положение участка						Длина рабочего участка, м
	начального		рабочего		конечного		
	начало	конец	начало	конец	начало	конец	
Дорога № 1, правая обочина							
СУ2(190)	10+20	10+32	10+32	12+00	—	—	12
...	...	...	...	...	...	...	...
Дорога № 1, левая обочина							
...	...	...	...	...	...	...	...
ЛПО1, внешняя обочина							
...	...	...	...	...	...	...	...
ЛПО1, внутренняя обочина							
...							

В таблице 7.8 приводятся данные о положении и марке ограждения слева и справа (по ходу пикетажа) на верхней дороге. Аналогично со-



ставляется ведомость проектируемых ограждений на ЛПО (слева и справа) и на ППО (если требуется).

По данным ведомости проектируемых ограждений приводится общее протяжение ограждений каждой марки, протяжение начальных и конечных участков.

Для заказа деталей ограждений в РФ заменяют обозначения марки ограждений по СТБ 1300-2007 на обозначения по ГОСТР 52607-2006, пользуясь таблицей 7.2.

## 7.8. Ограждение опор путепроводов

По СТБ 1300–2007 одностоечные и двухстоечные опоры путепроводов сечением менее 1,0 м ограждаются независимо от расстояния до кромки проезжей части.

Ограждение опоры включает рабочий участок, начальный и конечный. рабочий участок начинается перед опорой на расстоянии 8 м и заканчивается у конца опоры, т.е. равен ширине опоры плюс 8 м. В курсовом проекте ширину опоры можно принять равной габариту путепровода. Начальный и конечный участки назначают протяжением 12 или 6 м.

## 7.9. Примеры проектирования ограждений на транспортной развязке «Полный клеверный лист»

### 7.9.1. Пример № 1

#### *Исходные данные примера № 1*

Дорога № 1 III технической категории проходит в верхнем уровне. Пикетаж на дороге № 1 направлен в сторону путепровода длиной 66 м. Начало путепровода расположено на пикете 20+67.

Проектная линия верхней дороги – выпуклая кривая радиусом 10000 м с вершиной на пикете 21+00 и прямая с уклоном 0,038. Данные рабочих отметок дороги № 1 приведены в таблице 7.9.

Таблица 7.9

Пикетное положение	16+00	17+00	18+00	19+00	20+00	20+67
Рабочие отметки, м	2,50	4,50	4,80	5,20	6,50	6,60

На участке дороги № 1 до путепровода имеются зоны слияния потоков ЛПО4 и ЛПО3 и зоны разветвления потоков ЛПО3 и ЛПО4 (рисунок 7.13). На рисунке 7.13 показано пикетное положение точек А, А', Н и Н' на дороге № 1 (знаменатель), на соединительном ответвлении (числитель).

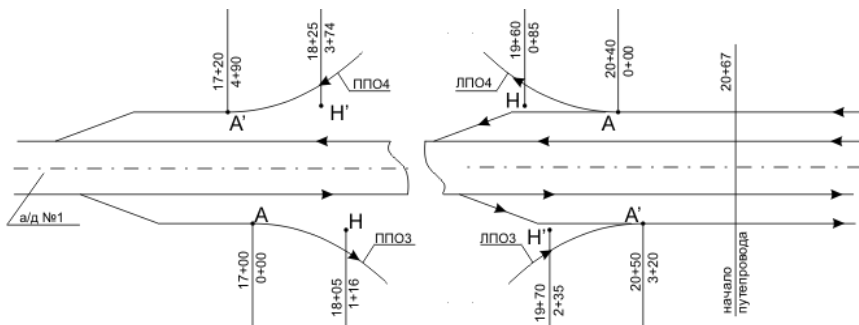


Рисунок 7.13 – Схема сопряжения ЛПО и ППО с дорогой № 1

Данные о рабочих отметках на ЛПО приведены в таблице 7.10, а ППО – в таблице 7.11.

Таблица 7.10

ЛПО3	Пикетное положение	1+00	2+00	3+00
	Рабочая отметка, м	2,0	4,0	5,0
ЛПО4	Пикетное положение	1+00	2+00	3+00
	Рабочая отметка, м	5,0	4,0	2,0

Таблица 7.11

ППО3	Пикетное положение	1+00	2+00	3+00	4+00
	Рабочая отметка, м	4,2	4,0	3,0	1,0
ППО4	Пикетное положение	1+00	2+00	3+00	4+00
	Рабочая отметка, м	1,5	2,0	3,5	4,5

Проектная линия на ЛПО в средней части ЛПО имеет уклон 45 %. Проектная линия на ППО имеет уклоны менее 40 %.

Требуется запроектировать ограждение на дороге № 1 на участке до путепровода, ограждение на ЛПО и ППО, ограждение на путепроводе.

*Определение положения начала рабочего участка  
и степени удержания ограждения на дороге № 1*

Так как план трассы дороги № 1 прямолинейный, продольный уклон проектной линии до 40 ‰, то в случае III категории (интенсивность движения не менее 2000 авт./сут) по таблице 7.4 начало рабочего участка ограждения следует назначать при высоте насыпи 3,0 м. По данным продольного профиля дороги № 1 (см. таблицу 7.9) начало рабочего участка находится на пикете 16+х. Расстояние х вычислим с точностью до 1,0 м по интерполяции, принимая изменение рабочей отметки между пикетами 16 и 17 по линейной зависимости.

$$X = (3,0 - 2,50)/(4,5 - 2,5) \cdot 100, \quad x = 25 \text{ м.}$$

Таким образом, рабочий участок ограждения должен начинаться на пикете 16+25. До начала рабочего участка предусматривается начальный участок ограждения длиной 12 м.

Сопоставляя пикетное положение начала рабочего участка ограждения на дороге №1 (16+25) и пикетное положение точек А' на ППО4 (17+20) и точки А на ППО3 (17+00) устанавливаем, что на дороге № 1 ограждение проектируется до правоповоротных соединительных ответвлений (см. рисунок 7.13).

Назначим степень удержания ограждения по таблице 7.5. Сложность дорожных условий на дороге № 1 (таблица 7.3, пункты 5 и 8) принимается 1-а при высоте насыпи до 5,0 м и 2-а при высоте насыпи 5 м и более.

Согласно таблице 7.5 на дороге № 1 III технической категории следует предусмотреть степень удержания ограждений СУ2 при высоте насыпи до 5 м и СУ3 при высоте насыпи 5,0 м и более. Земляное полотно с высотой насыпи 5,0 м (см. таблицу 7.9) расположено на пикете 18+50.

По таблице 7.1 энергия удержания для СУ2 и СУ3 составляет 190 и 250 кДж соответственно.

*Проектирование ограждения на дороге № 1  
в зоне ППО3 и ППО4*

Вычислим значения  $S_n$  и  $X_n$  (см. рисунок 7.12) по методике, изложенной в подпункте 7.6.2. Пусть  $S_n = 116$  м,  $X_n = 105$  м.

На дороге № 1 рабочий участок ограждения начинается на пикете 16+25 и доходит (см. рисунок 7.13) до сечения, проходящего через точку А справа (пикет 17+00) и через точку А' слева (пикет 17+20).

Продолжатся ограждения по дороге № 1 от точек сопряжения его с ППО. Пикетное положение точки сопряжения ограждения Н и Н' вычислим по формулам (7.16):

$$PK1(НППОЗ) = 17 + 00 + 105 = 18 + 05;$$

$$PK1(Н'ППО4) = 17 + 20 + 105 = 18 + 25.$$

#### *Проектирование ограждения на дороге № 1 в зоне ЛПОЗ и ЛПО4*

Предварительно вычислим значения  $S_n$  и  $X_n$  (см. рисунок 7.11) по методике, изложенной в §7.6.1. Пусть  $S_n = 85$  м,  $X_n = 80$  м.

Ограждение по дороге №1 от точки сопряжения с ограждением на ППО (пикет 18+05 справа и пикет 18+25 слева) продолжается до точки сопряжения с ограждением на ЛПО (см. рисунок 7.13). Пикетное положение сопряжения ограждений слева и справа вычислим по формулам (7.17).

$$PK1(НЛПО4) = (20 + 40) - 80 = 19 + 60;$$

$$PK1(Н'ЛПОЗ) = (20 + 50) - 80 = 19 + 70.$$

После зоны слияния и разветвления потоков ЛПОЗ и ЛПО4 ограждения на дороге № 1 начинается (см. рисунок 7.13) после сечения, проходящего через точку А' справа (пикет 20+50) и через точку А слева (пикет 20+40). Заканчивается дорожное ограждение в начале путепровода на пикете 20+67. На путепроводе проектируется мостовое ограждение.

#### *Проектирование ограждения на правоповоротных (ППО) и левоповоротных (ЛПО) соединительных ответвлениях*

В зоне разветвления потоков на ЛПО и ППО ограждение на внутренней обочине начинаются в сечении, проходящем через точку А (начало ЛПО4, ППО3), расположенную на пикете 0+00. На внешней обочине ограждения на ЛПО и ППО начинаются в сечении, проходящем через точку  $n$ , расположенную на расстоянии  $S_n$  от начала ЛПО или ППО. Таким образом, ограждение на внешней обочине ППО3 начинается на пикете 1+16, ЛПО4 на внешней обочине на пикете 0+85.

В зоне слияния потоков (см. рисунок 7.13) на ЛПО3 и ППО4 ограждение на внутренней обочине заканчивается в конце ЛПО3 и ППО4, в сечении, проходящем через точку А', расположенную на пикете 3+20 (ЛПО3) или 4+90(ППО4). Ограждение на внешней обочине заканчивается (см. рисунок 7.11) в сечении, проходящем через точку  $n$ , расположенную на пикетах:

$$- \text{РК ЛПО3}(n') = \text{К ЛПО3}(A') - S_n = (3+20) - 85 = 2+35;$$

$$- \text{РК ППО4}(n) = \text{РК ППО4}(A') - S_n = (4+90) - 116 = 3+74.$$

Рабочие участки ограждений в зоне разветвления потоков (на ЛПО 4 и ППО3) заканчивается, в зоне слияния потоков (на ЛПО 3 и ППО4) начинаются при высоте насыпи в соответствии с таблицей 7.4.

Так как на ЛПО уклон проектной линии 45 %, а на ППО 30 %, радиусы горизонтальных кривых менее 600 м, то при интенсивности движения на перспективу 5 лет не менее 100 авт./сут эта высота насыпи равна:

– на ЛПО с внешней стороны – 3,0 м, с внутренней 3,5 м;

– на ППО с внешней стороны – 3,5 м, с внутренней 4,0 м.

Вычислим пикетное положение конца рабочих участков на ЛПО4 и ППО3 и начала этих участков на ЛПО3 И ППО4, используя данные о рабочих отметках ЛПО (см. таблицу 7.10) и ППО (см. таблицу 7.11). Полученные результаты приведем в виде таблиц (таблицы 7.12, 7.13).

Таблица 7.12

СО	Место расположения на обочине	Пикетное положение конца	
		рабочего участка	ограждения
ЛПО4	внешней	2+50	2+56
	внутренней	2+25	2+31
ППО3	внешней	2+00	2+06
	внутренней	1+50	1+56

Таблица 7.13

СО	Место расположения на обочине	Пикетное положение конца	
		рабочего участка	ограждения
ЛПОЗ	внешней	1+50	1+62
	внутренней	1+75	1+87
ППО4	внешней	2+00	2+12
	внутренней	1+50	1+62

На ЛПО4 и ППО3 рабочий участок заканчивается конечным участком протяжением не менее 6 м. На ЛПО3 и ППО4 рабочему участку ограждения предусматривают начальный участок протяжением 12 м.

Степень удержания ограждения на ЛПО по СТБ 1300-2007 принимается равной СУ5 с энергией удержания (см. таблицу 7.1) 350 кДж, на ППО – СУ3 (250 кДж).

Ограждения на дороге № 1 и на ППО (ЛПО) в зоне точки Н (см. рисунки 7.11, 7.12) сопрягаются криволинейной балкой (радиус  $r = 0,8$  м).

### *Проектирование ограждений на путепроводе*

На путепроводе проектируют мостовое ограждение.

Сложность дорожных условий на путепроводе назначают по таблице 7.6. Так как план трассы дороги № 1 и путепровода является прямой ( $R > 3000$  м) и уклоны проектной линии менее 30 %, то для дороги III категории принимаем сложность дорожных условий 1-ам. Для этого случая и путепровода без тротуаров по таблице 7.7 принимаем степень удержания СУ3 с энергией удержания (см. таблицу 7.1) 250 кДж.

### *Составление ведомости проектируемых ограждений*

На основе предыдущих расчетов приводится ведомость ограждений (таблица 7.14).

Таблица 7.14

№	Марка	Пикетное положение участка	Протяжение
---	-------	----------------------------	------------

п/п	рабочего участка	начального		рабочего		конечного		рабочего участка, м
		начало	конец	начало	конец	начало	конец	
<b>Дорога № 1, левая обочина</b>								
1	СУ2(190)	16+13	16+25	16+25	17+20			95
2	СУ2 (190)			18+25	18+50			25
3	СУ3(250)			18+50	19+60			110
4	СУ3(250)			20+40	20+67			27
5	СУ3(250)			20+67	21+00	(мостовое)		33
<b>Дорога № 1, правая обочина</b>								
6	СУ2 (190)	16+13	16+25	16+25	17+00			75
7	СУ2(190)			18+05	18+50			45
8	СУ3(250)			18+50	19+70			120
9	СУ3 (250)			20+50	20+67			17
10	СУ3(250)			20+67	21+00			33
<b>ЛПОЗ, внешняя обочина</b>								
11	СУ5(350)	1+44	1+50	1+50	2+35			85
<b>ЛПОЗ, внутренняя обочина</b>								
12	СУ5(350)	1+64	1+75	1+75	3+20			145
<b>ЛПО4, внешняя обочина</b>								
13	СУ5(350)	–	–	0+85	2+50	2+50	2+50	165
<b>ЛПО4, внутренняя обочина</b>								
14	СУ5(350)	–	–	0+00	2+25	2+25	2+31	225
<b>ППОЗ, внешняя обочина</b>								
15	СУ3(250)	–	–	1+16	2+00	2+00	2+00	84
<b>ППОЗ, внутренняя обочина</b>								
16	СУ3(250)	–	–	0+00	1+50	1+50	1+50	150
<b>ППО4, внешняя обочина</b>								
17	СУ3 (250)	1+94	2+00	2+00	3+74	–	–	174
<b>ППО4, внутренняя обочина</b>								
18	СУ3(250)	1+44	1+50	1+50	4+90	–	–	240

Таким образом, на половине транспортной развязки «полный клеверный лист» на дороге №1 требуется установить на рабочих участках дорожные односторонние ограждения:

- дорожное СУ2 (190) – 240 п.м;
- дорожное СУ3 (250) – 274 п.м;
- начальные участки – 24 п.м;
- мостовое СУ3 (250) – 66 п.м.

На соединительных ответвлениях требуется:

- на ЛПОЗ и ЛПО4 ограждения СУ5(350) – 620 п.м;
- на ППОЗ и ППО4 ограждения СУ3(250) – 648 п.м;
- начальных участков – 24 п.м;
- конечных участков – 48 п.м.

Для заказа деталей ограждений в России заменим обозначения по СТБ 1300-2007 на обозначения по ГОСТР 52607-2006, пользуясь таблицей 7.2.

Дорожные ограждения:

- СУ2(190) = 11ДО/У2(190)-0,75-2,0-1,2;
- СУ3(250) = 11ДО/У3(250)-0,75-2,0-1,2;
- СУ5(350) = 11ДО/У5(350)-1,10-1,0-0,8.

Мостовое ограждение:

- СУ3(250) = 11МО/У3(250)-0,9-2,25-0,70.

Начальные и конечные участки примем наклонными с шагом стоек 2,0 м.

### **7.9.2. Пример проектирования ограждения на транспортной развязке «Полный клеверный лист»**

#### *Исходные данные*

Примем исходные данные примера № 1 со следующими изменениями:

- рабочие отметки на дороге № 1 по таблице 7.15 взамен 7.9;
- рабочие отметки по ППОЗ и ППО4 по таблице 7.16 взамен таблицы 7.11.

Таблица 7.15

Пикетное положение	16+00	17+00	18+00	19+00	20+00	20+67
Рабочие отметки, м	1,50	2,20	4,20	5,20	6,50	6,60

Таблица 7.16

ППОЗ	Пикетное положение	1+00	2+00	3+00	4+00
	Рабочая отметка, м	2,60	2,00	1,50	1,00
ППО4	Пикетное положение	1+00	2+00	3+00	4+00
	Рабочая отметка, м	1,00	1,50	2,10	2,60

*Определение положения начала рабочего участка и степени удержания ограждения на дороге № 1*



Ранее было определено, что начало рабочего участка ограждения соответствует высоте насыпи 3,0 м. Исходя из данных таблицы 7.15 устанавливаем, что такой поперечник земполотна находится на расстоянии  $x$  от пикета 17+00:

$$x = (3,0 - 2,2)/(4,2 - 2,2) \cdot 100 = 40 \text{ м.}$$

Таким образом, рабочий участок ограждения на дороге № 1 следовало бы начинать на пикете 17+40. Однако вследствие разделения (слияния) потоков на дороге № 1 и на ППОЗ (ППО4) ограждение на дороге № 1 можно начинать после пикета 18+05 справа и после пикета 18+25 слева (см. рисунок 7.13). Примем начальные участки слева и справа длиной 12м. В этом случае рабочие участки ограждения на дороге № 1 начнутся на пикетах 18+17 справа и 18+37 слева.

Степень удержания ограждения (см. таблицу 7.5) при высоте насыпи до 5 м – СУ3, при высоте насыпи 5 м и более – СУ4. Земляное полотно с высотой насыпи 5,0 м (см. таблицу 7.15) расположено на пикете 18+ $x$ . Значение  $x$  вычислим по интерполяции

$$x = (5,0 - 4,20)/(5,2 - 4,2) \cdot 100 = 80 \text{ м.}$$

### *Проектирование ограждений на дороге № 1 в зоне ЛПОЗ и ЛПО4*

Исходные данные по ЛПОЗ и ЛПО 4 приняты аналогично примеру № 1.

### *Проектирование ограждений на соединительных ответвлениях, на путепроводе*

Так как на ППОЗ и ППО4 высота насыпи (см. таблицу 7.16) небольшая, то в соответствии с таблицей 7.4 ограждения аналогичны примеру № 1 (см. подпункт 7.9.1).

На путепроводе ограждения соответствуют подпункту 7.9.1.

### *Составление ведомости проектируемых ограждений*

В целом ведомость проектируемых ограждений соответствует таблице 7.14, со следующими изменениями:

- на дороге № 1 начальные участки ограждения проектируются слева от пикета 18+25 до пикета 18+37, справа от пикета 18+05 до пикета 18+17;
- на дороге № 1 рабочие участки ограждения со степенью удержания СУ2(190) начинаются после конца начальных участков (после пикетов 18+37 и 18+17) и заканчиваются на пикете 18+80;
- на дороге № 1 ограждение со степенью удержания СУ3(250) проектируется после пикета 18+80;
- на ППО3 и ППО4 ограждение не предусматривается и строки 15, 16, 17, 18 в таблице отсутствуют.

## 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

На транспортной развязке «Полный клеверный лист» могут предусматриваться следующие направляющие устройства:

- сигнальные столбики;
- укороченные сигнальные столбики;
- сигнальные щитки;
- направляющие островки;
- точечные световозвращающие элементы.

В курсовом проекте рассматриваются вопросы расстановки сигнальных столбиков и щитков на половине транспортной развязки.

### 8.1. Расстановка сигнальных столбиков

Сигнальные столбики высотой 0,75–1,1 м устанавливаются на участках автомобильных дорог без ограждений первой группы, на обочинах на расстоянии 0,35 м от бровки, а на дорогах I категории и на разделительной полосе:

- в пределах круговых 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  $l_0$ ,  $l_1$ ,  $l_2$ , указанных в таблице 8.1 (рисунок 8.1), и на расстоянии  $l_3$ , равном 50 м;

Таблица 8.1

Радиус круговой в плане $R$ , не более	Расстояние между столбиками		
	на внешней	на внутренней	на подходах

	обочине $l_0$	обочине $l_1$	$l_2$	$l_3$
50	5	10	12	
100	10	20	25	
200	15	30	30	
300	20	40	40	
400	30	50	50	
500	40	50	50	
600 и более	50	-	-	

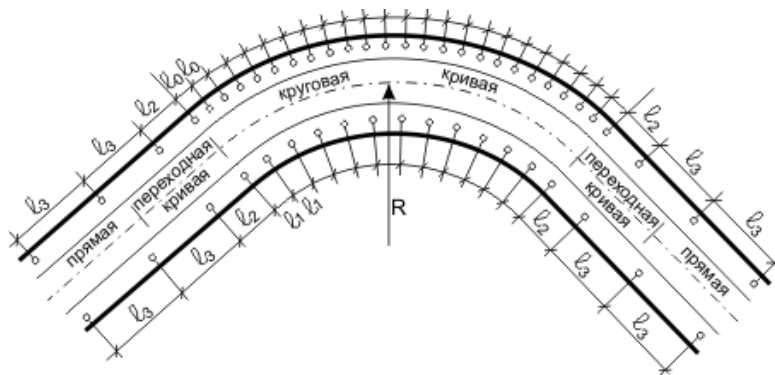


Рисунок 8.1 – Схема к рассмотрению сигнальных столбиков на закруглении в плане

– на выпуклых кривых в продольном профиле и на подходах к ним (по три столбика на подходе с каждой стороны дороги), при высоте насыпи 2,0 м и более, интенсивности движения не менее 2000 ед./сут на расстоянии  $l_1$  и  $l_2$ , указанных в таблице 8.2, и на расстоянии  $l_3$ , равном 50 м (обозначения величин  $l_2$  и  $l_3$  соответствуют рисунку 8.1);

– на прямолинейных участках дорог при высоте насыпи менее 2 м и интенсивности движения не менее 2000 авт./сут – через 100 м;

– на всем протяжении автомобильных дорог I-а, I-б и I-в категорий – через 100 м.

Таблица 8.2

Радиус кривой		1000	2000	3000	4000	5000	6000	8000 и более
Расстояние между столбиками	$l_1$	17	25	30	35	45	45	50
	$l_2$	27	40	47	50	50	50	50

В курсовом проекте необходимо составить ведомость расстановки сигнальных столбиков на половине транспортной развязки, для которой проектировались дорожная разметка и расстановка дорожных знаков.

### ***8.1.1. Расстановка сигнальных столбиков на пересекающихся дорогах***

На дороге № 1, проходящей в верхнем уровне, анализируют рабочие отметки на участке от границы ТР (от начала отгона дополнительных полос или от точки А или на ППО в случае дороги IV категории) до начала ограждения. Если высота насыпи более 2,0 м и проектная линия является вертикальной кривой, то сигнальные столбики расставляют в соответствии с таблицей 8.2, учитывая при необходимости слияние потоков на ППО. Если проектная линия участка верхней дороги на этом участке прямая, то при высоте насыпи 2,0 м и более и интенсивность движения 2000 авт./сут и более (дороги III и II категорий) сигнальные столбики устанавливают через 100 м.

На дорогах I категории на прямолинейных участках независимо от высоты насыпи сигнальные столбики устанавливают через 100 м.

На дороге № 2, проходящей в нижнем уровне, сигнальные столбики расставляют по рекомендациям, приведенным для дороги № 1. При этом сигнальные столбики не расставляют в зонах слияния и разветвления потоков (на ЛПО и ППО) на участке от точки А до точки Н на протяжении  $X_H$  (рисунки 7.11, 7.12). Кроме того, следует учесть ограждения опор путепровода.

### ***8.1.2. Расстановка сигнальных столбиков на соединительных ответвлениях***

На левоповоротных соединительных ответвлениях, как правило, предусмотрены ограждения первой группы. Поэтому сигнальные столбики расставляют на части круговой кривой (от ограждения до точки В или В' в соответствии с таблицей 8.1). Так как сигнальные столбики устанавливают на расстоянии 0,35 м от бровки обочины, а радиус ЛПО относится к оси проезжей части, то длина линии  $K_{cc}$  установки сигнальных столбика на внешней и на внутренней обочинах различна. Она корректируется по формуле

$$K_{cc} = (1 \pm \Delta R / R) K, \quad (8.1)$$

где  $\Delta R$  – расстояние от линии установки сигнальных столбиков до оси ЛПО (при однополосных ЛПО  $\Delta R = 3,90$  м);

$R$  – радиус круговой кривой ЛПО;

$K$  – длина круговой кривой от ограждения первой группы до ее конца (точка В') или до ее начала (точка В), равная разности пикетных положений начала начального участка и точки В или конца конечного участка и точки В'.

В формуле (8.1) знак «+» для внешней обочины, а знак «-» для внутренней обочины.

Количество сигнальных столбиков на внешней и внутренней обочинах определяют путем деления длины кривой  $K_{cc}$  на расстояние между столбиками, которое принимают по таблице 8.1.

План трассы правоповоротного соединительного ответвления включает два закругления малого радиуса и прямую вставку.

Расстановка сигнальных столбиков на круговых кривых в плане и на подходах аналогична расстановке их на ЛПО. На прямом участке при высоте насыпи 2,0 м и более устанавливают сигнальные столбики через 100 м. В курсовом проекте интенсивность движения на ЛПО принимают менее 2000 авт./сут при отмыкании от дороги IV, III категории и более 2000 авт./сут при отмыкании от дорог II, I категорий.

## **8.2. Расстановка укороченных сигнальных столбиков и сигнальных щитков**

Укороченные сигнальные столбики высотой 0,5–0,6 м применяют для обозначения края проезжей части на участках дорог I-а, I-б и I-в категорий, на которых установлены металлические ограждения первой группы.

Укороченные сигнальные столбики размещаются:

- на начальных и конечных участках через 4 м;
- на рабочих участках через 12 м.

Сигнальные щитки применяются для обозначения края проезжей части на участках дорог II и III категорий, на которых установлены металлические ограждения первой группы.

Сигнальные щитки высотой 0,5 м и шириной 0,1м размещаются на ограждениях на начальном участке через 4 м, на рабочем через 12 м.

### 8.3. Составление ведомости расстановки сигнальных столбиков

Ведомость расстановки сигнальных столбиков составляется по форме, приведенной в таблице 8.3.

Таблица 8.3

Пикетное положение		Протяжение	Расстояние между сигнальными столбиками	Количество сигнальных столбиков
начало	конец			
Дорога № 1, слева				
...	...	...	...	...
Дорога № 1, справа				
...	...	...	...	...
ЛПО, внешняя обочина				
...	...	...	...	...
ЛПО, внутренняя обочина				
...	...	...	...	...
ППО, внешняя обочина				
...	...	...	...	...
ППО, внутренняя обочина				
...	...	...	...	...

## ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильные дороги. Нормы проектирования: ТКП 45-3.03-19. – Минск, 2006.
2. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения: СТБ 1300-2007. – Минск, 2007.
3. Знаки дорожные. Общие технические условия: СТБ 1140-99. – Минск, 1999.
4. Разметка дорожная. Общие технические условия: СТБ 1231-2000. – Минск, 2000.

Учебное издание

ПРОЕКТ ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКИ  
(ПО ТИПУ «ПОЛНЫЙ КЛЕВЕРНЫЙ ЛИСТ»)

Методические указания  
к выполнению курсового проекта по дисциплине  
«Проектирование автомобильных дорог»  
для студентов специальности 1-70 03 01  
«Автомобильные дороги»

Составители:  
ЯЦЕВИЧ Иван Климентьевич  
КОНОНОВА Елена Изамовна

Редактор Л.Н. Шалаева  
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

---

Подписано в печать 22.03.2010.  
Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.  
Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 5,99. Уч.-изд. л. 4,68. Тираж 300. Заказ 405.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский национальный технический университет.  
ЛИ 02330/0494349 от 16.03.2009.  
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.