

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКИ**

Методические указания к выполнению курсовой работы  
по дисциплине "Изыскания и проектирование автомобильных дорог"  
для студентов направления 08.03.01 – Строительство  
профиля подготовки "Автомобильные дороги и аэродромы"

Белгород  
2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова  
Кафедра автомобильных и железных дорог

Утверждено  
научно-методическим советом  
университета

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКИ**

Методические указания к выполнению курсовой работы  
по дисциплине "Изыскания и проектирование автомобильных дорог"  
для студентов направления 08.03.01 – Строительство  
профиля подготовки "Автомобильные дороги и аэродромы"

Белгород  
2016

УДК 625.72 (075)

ББК 39.311я 7

П 79

Составитель канд. техн. наук, проф. Н.Г. Горшкова

Рецензент канд. техн. наук, проф. Г.С. Духовный

**Проектирование** и расчет транспортной развязки: методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине "Изыскания и проектирование автомобильных дорог" для студентов направления 08.03.01 – Строительство профиля подготовки "Автомобильные дороги и аэродромы"/ сост. Н.Г. Горшкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 28 с.

В методических указаниях изложены требования к обоснованию выбора типа транспортной развязки, разработка схемы пересечения, расчет элементов пересечений двух видов: по типу клеверного листа и распределительного кольца с двумя путепроводами. Даны рекомендации по проектированию плана узла, продольных профилей пересекающихся дорог, определению длины и высоты путепровода.

Методические указания предназначены для студентов направления 08.03.01 – Строительство профиля подготовки "Автомобильные дороги и аэродромы".

Данное издание публикуется в авторской редакции.

**УДК 625.72(075)**

**ББК 39.311я 7**

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2016

## **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

1. Район проектирования принимается из курсового проекта №1 по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог».

2. Местоположение транспортной развязки определяется на топографической карте на пересечении выбранного в курсовом проекте №1 варианта трассы (далее – проектируемая дорога) с существующей (далее – пересекаемой) дорогой.

3. Интенсивность движения на проектируемой и пересекаемой дорогах задаются в задании к курсовой работе.

## **СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

1. Выбор и обоснование типа пересечения.
2. Разработка схемы пересечения и назначение технических нормативов на проектирование пересечения.
3. Расчет элементов пересечения.
4. Проектирование плана узла с водоотводом.
5. Проектирование продольных профилей.
6. Проектирование поперечных профилей.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА**

1. Разбивочная схема (в осях), план транспортного узла с водоотводом, поперечные профили съездов (на листе формата А1).
2. Продольные профили пересекаемых автомобильных дорог (в пределах узла) и двух съездов (право- и левоповоротного) на миллиметровой бумаге.
3. Схема к расчету высоты и длины путепровода на листе формата А4.

### **1. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТИПА ПЕРЕСЕЧЕНИЯ**

Для выбора типа пересечения необходимо составить схему распределения интенсивности движения по элементам узла. Ее составляют по данным о перспективных интенсивностях движения на пересекающихся дорогах, указанных в задании (рис. 1.1).

Выбор типа пересечения осуществляется на основании анализа условий пересечения на местности (по карте) и категории дорог. Для этого необходимо тщательно проанализировать топографические условия, существующую сеть автомобильных и железных дорог, наличие искусственных сооружений, водотоков или застройки в пределах пересечения.

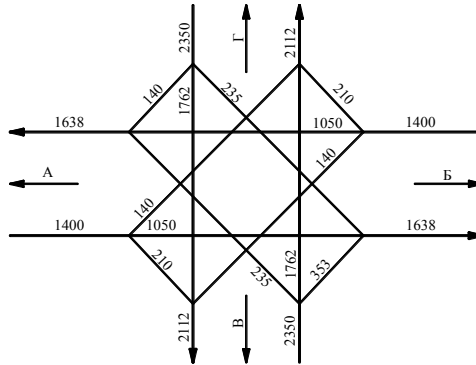


Рис. 1.1. Схема распределения интенсивности движения на пересечении в перспективном году

Применительно к конкретным условиям могут быть рассмотрены схемы пересечений: полный клеверный лист, неполный клеверный лист, распределительное кольцо с двумя или пятью путепроводами (рис.1.2–1.4) [1]. Исходя из конкретных топографических и местных условий, выбирается пересечение, требующее наименьшую территорию отвода и отвечающее более безопасным условиям движения. После выбора типа пересечения решается вопрос о том, какая из дорог пройдет в нижнем, а какая в верхнем (по путепроводу) ярусе. Основопологающим принципом при этом является обеспечение лучших условий движения для дороги с более высокой интенсивностью, но с учетом экономии средств на реконструкцию существующей автомобильной дороги. Кроме того, при решении этого вопроса необходимо исходить из возможности обеспечения стока поверхностных вод и размещения под съездами и основными дорогами водопропускных сооружений. Если пересечение дорог расположено на местности, где сток воды происходит в одну сторону, дорога, которая пересекает направление стока, должна проектироваться в верхнем ярусе, а дорога, которая проходит по направлению стока, – в нижнем ярусе. При расположении пересечения дорог в низине или на площади с замкнутым рельефом, не имеющим естественного стока, практически не имеет значения, какая из пересекающихся дорог будет выше, а какая ниже. В этом случае потребуются большие работы по вертикальной планировке всей площади, занимаемой транспортной развязкой. С точки зрения обеспечения водоотвода с территории транспортной развязки лучшим вариантом является расположение ее на водораздельном участке с небольшими уклонами.

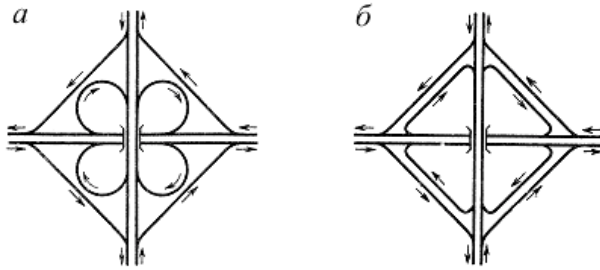


Рис. 1.2. Схемы полного клеверного листа:  
*a* – с восемью однопутными съездами; *б* – с четырьмя двухпутными съездами

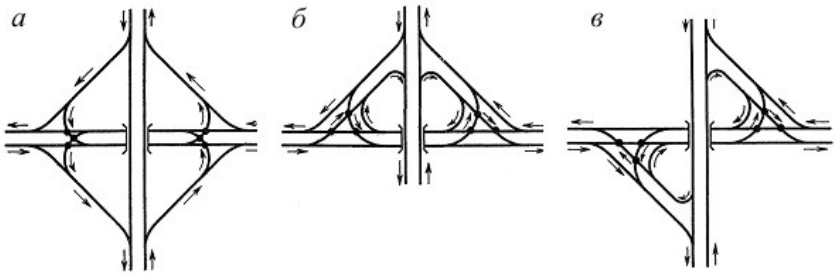


Рис. 1.3. Схемы неполного клеверного листа  
 (точками показаны пересечения потоков движения в одном уровне):  
*a* – с четырьмя однопутными съездами; *б* – с двумя двухпутными съездами,  
 расположенными в соседних четвертях; *в* – то же, в накрест лежащих четвертях

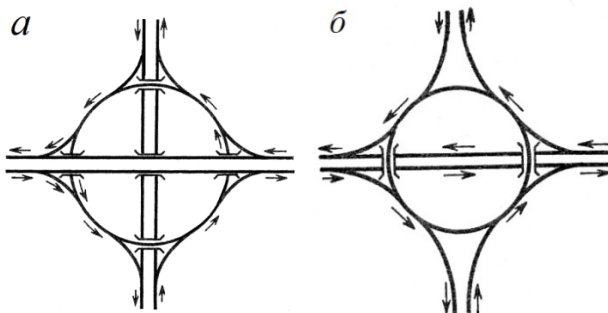


Рис. 1.4. Схемы распределительного кольца:  
*a* – с пятью путепроводами; *б* – с двумя путепроводами  
 Возможно так же устройство более сложных пересечений,  
 представленных на рис. 1.5–1.7.

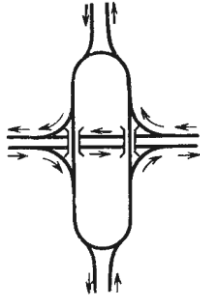


Рис. 1.5. Схема распределительного вытянутого кольца с двумя путепроводами

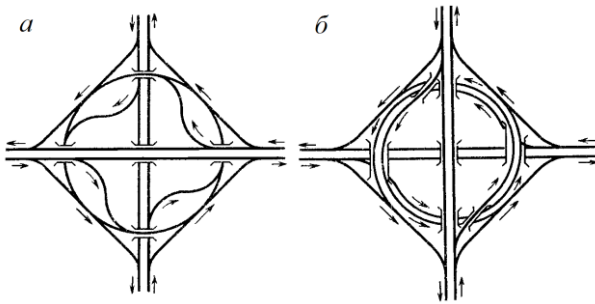


Рис. 1.6. Схемы пересечения:  
*a* – улучшенного типа распределительного кольца; *б* – турбинного типа

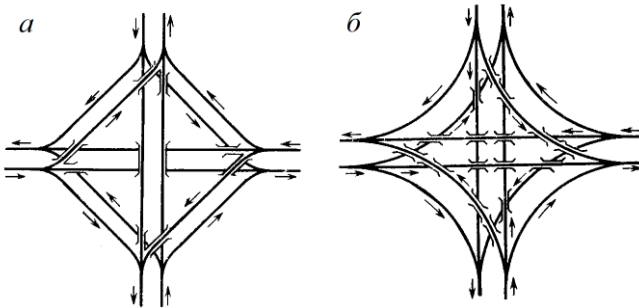


Рис. 1.7. Схемы пересечения:  
*a* – ромбовидного типа пересечения;  
*б* – по типу криволинейного четырехугольника

## **2. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ**

В данном разделе для выбранного типа пересечения в пояснительной записке вычерчивается его расчетная схема и приводятся технические нормативы на проектирование: расчетная скорость движения по дорогам и на съездах, ширина полосы движения и их количество, ширина обочин на съездах, наибольшие продольные уклоны на дорогах и съездах, поперечные уклоны проезжей части и обочин, минимальные радиусы кривых в плане и профиле, длины переходно-скоростных полос и т. д.

Пересечения и примыкания автомобильных дорог проектируют в соответствии со сводом правил СП 34.13330.2012 "Автомобильные дороги" раздел 6 "Пересечения и примыкания" [2], который является актуализированной редакцией СНиП 2.05.02-85\*.

Пересечения и примыкания автомобильных дорог в плане располагают на прямых участках или на кривых с радиусами не менее 2000 м – на дорогах категорий IA, IB, IB и II и с радиусами не менее 800 м – на дорогах категорий III и IV.

Пересечения и примыкания автомобильных дорог в разных уровнях (транспортные развязки) надлежит принимать в следующих случаях:

- на дорогах IA и IB – с автомобильными дорогами всех категорий;
- на дорогах категории IB – с дорогами, расчетная интенсивность движения на которых превышает 1000 ед./сут.;
- на дорогах категории IB с числом полос движения шесть и более – с автомобильными дорогами всех категорий;
- на дорогах категорий II и III – между собой при суммарной расчетной интенсивности движения более 12000 ед./сут.

Транспортные развязки проектируют с таким расчетом, чтобы на дорогах категорий I и II не было левых поворотов, а также въездов и съездов с левыми поворотами, при которых пересекались бы в одном уровне потоки основных направлений движения.

Элементы соединительных ответвлений транспортных развязок в целях уменьшения общей площади их размещения предусматривают исходя из переменной скорости движения.

Правоповоротные съезды на пересечениях в разных уровнях предусматривают из условия обеспечения расчетных скоростей на них не менее 60 км/ч для съездов с дорог категорий I и II и не менее 50 км/ч – с дорог категории III, причем при острых углах примыкания дорог их следует выполнять единой кривой без прямых вставок. Сопряжения с применением обратных кривых допускаются только при техническом обосновании.



Радиусы кривых левоповоротных съездов пересечений и примыканий с элементами транспортных развязок типа «клеверный лист» следует принимать равными не менее 60 м для дорог категорий I и II и не менее 50 м для дорог III категории. Левоповоротные съезды должны сопрягаться с участками прямых направлений через переходные кривые.

Съезды с дорог категорий I–III и въезды на них следует осуществлять с устройством переходно-скоростных полос в соответствии с пп.6.38-6.42 [2].

Ширину проезжей части на всем протяжении левоповоротных съездов пересечений и примыканий в разных уровнях принимают 5,5 м, а правоповоротных съездов – 5,0 м без дополнительного уширения на кривых. Ширина обочин с внутренней стороны закруглений должна быть не менее 1,5 м, с внешней – 3 м.

Продольные уклоны на съездах принимают не более 40%. На однополосных съездах следует предусматривать устройство виражей с поперечным уклоном 20% - 60% в зависимости от принятых значений скорости движения, радиуса кривой и коэффициента сцепления шины с дорогой.

Минимальные радиусы выпуклых кривых в продольном профиле на съездах следует принимать в соответствии с расчетными скоростями по табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Предельно допустимые нормы проектирования  
исходя из расчетных скоростей движения**

Расчетная скорость, км/ч	Наибольшие продольные уклоны, ‰	Наименьшие радиусы кривых, м				
		в плане		в продольном профиле		
		основные	в горной местности	выпуклых	вогнутых	
					основные	в горной местности
150	30	1200	1000	30000	8000	4000
120	40	800	600	15000	5000	2500
100	50	600	400	10000	3000	1500
80	60	300	250	5000	2000	1000
60	70	150	125	2500	1500	600
50	80	100	100	1500	1200	400
40	90	60	60	1000	1000	300
30	100	30	30	600	600	200

Двухполосные съезды проектируют для дорог I категории из условия, что каждая полоса движения имеет ширину 3,75 м, и предусматривают уширение на кривых в соответствии с таблицей 5.19 [2].

Минимальные расстояния боковой видимости от кромки проезжей части следует принимать 25 м для дорог категорий I–III и 15 м – для дорог категорий IV–V. Боковая видимость обеспечивается путем планировки и расчистки прилегающей территории. Тротуары и велосипедные дорожки рекомендуется удалять от земляного полотна на расстояние не меньше боковой видимости.

На кривых в плане с внутренней стороны должна быть обеспечена видимость поверхности дороги в соответствии с расчетными скоростями движения на подходах к кривым и в пределах кривых, в зависимости от их параметров (радиус, поперечный уклон, коэффициент поперечного сцепления), а также в соответствии с допускаемыми скоростями движения.

Путепроводы транспортных развязок через дороги всех категорий должны соответствовать требованиям СП 35.13330.2011 "Мосты и трубы" [3].

Переходно-скоростные полосы предусматривают на пересечениях и примыканиях в одном уровне в местах съездов на дорогах категорий I–III, в том числе к зданиям и сооружениям, располагаемым в придорожной зоне: на дорогах категории I при интенсивности 50 приведенных ед./сут. и более съезжающих или въезжающих на дорогу (соответственно для полосы торможения или разгона); на дорогах категорий II и III при интенсивности 200 приведенных ед./сут. и более.

На транспортных развязках в разных уровнях переходно-скоростные полосы для съездов, примыкающих к дорогам I–III категорий, являются обязательным элементом независимо от интенсивности движения.

Переходно-скоростные полосы на дорогах I–IV категорий предусматривают в местах расположения площадок для остановок автобусов и троллейбусов, а на дорогах I–III категорий – также у автозаправочных станций и площадок для отдыха (у площадок, не совмещенных с другими сооружениями обслуживания, полосы разгона допускается не устраивать). У постов дорожно-патрульной службы следует предусматривать остановочные полосы длиной по нормам для полос разгона и торможения.

Длину полос разгона, торможения и отгона принимают по табл. 2.2 [табл. 5.3, 2].

Отгон полос торможения начинают с уступа величиной 0,5 м. При выходе со съезда должна быть обеспечена видимость конца переходно-скоростной полосы.

Таблица 2.2

**Длина переходно-скоростных полос по категориям дорог**

Категории дорог	Продольный уклон, ‰		Длина полос полной ширины, м		Длина отгона полос разгона и торможения, м
	на спуске	на подъеме	для разгона	для торможения	
IБ, IВ и II	40	-	140	110	80
	20	-	160	105	80
	0	0	180	100	80
	-	20	200	95	80
	-	40	230	90	80
III	40	-	110	85	60
	20	-	120	80	60
	0	0	130	75	60
	-	20	150	70	60
	-	40	170	65	60
IV	40	-	30	50	30
	20	-	35	45	30
	0	0	40	40	30
	-	20	45	35	30
	-	40	50	30	30

Переходно-скоростные полосы для левоповоротных съездов дорог категорий I и II транспортных развязок типа «клеверный лист» предусматривают в виде единых по длине полос для смежных съездов, включая участок путепровода. Ширину переходно-скоростных полос принимают равной ширине основных полос проезжей части.

Укрепленные полосы на обочинах, прилегающих к переходно-скоростным полосам, выполняют в соответствии с общими требованиями проектирования по [2]. Поперечные уклоны обочин при двускатном поперечном профиле следует принимать на 10‰ - 30‰ больше поперечных уклонов проезжей части. В зависимости от климатических условий и типа укрепления обочин допускаются следующие величины поперечных уклонов:

- 30‰ - 40‰ – при укреплении с применением вяжущих;
- 40‰ - 60‰ – при укреплении гравием, щебнем, шлаком или замощении каменными материалами и бетонными плитами;
- 50‰ - 60‰ – при укреплении дернованием или засевом трав.

Для районов с небольшой продолжительностью снегового покрова и отсутствием гололеда для обочин, укрепленных дернованием, может быть допущен уклон 50‰ - 80‰.

При устройстве земляного полотна из крупно- и среднезернистых песков, а также из тяжелых суглинистых грунтов и глин уклон обочин, укрепленных засевом трав, допускается принимать равным 40%.

Технические нормативы на пересечение сводятся в табл. 2.3.

Таблица 2.3

### Технические нормативы на пересечение

Наименование норматива	Значение норматива для категорий пересекающихся дорог	
Число полос движения		
Ширина полосы движения, м		
Ширина проезжей части, м		
Ширина обочин, м		
Наименьшая ширина укрепленной полосы обочины, м		
Ширина земляного полотна, м		
Расчетная скорость, км/ч		
Наибольший продольный уклон, ‰		
Наименьшее расстояние видимости, м: для остановки встречного автомобиля		
Наименьшие радиусы кривых в плане, м		
Наименьшие радиусы кривых в продольном профиле, м: выпуклых вогнутых		

## 3. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПО ТИПУ КЛЕВЕРНОГО ЛИСТА

### 3.1. Расчет левоповоротного съезда в остром углу

Минимальный радиус круговой кривой съезда определяют из условия обеспечения устойчивости автомобиля против заноса, м

$$R = \frac{v^2}{12.7(\gamma_{\varphi} + \dots)}, \quad (3.1)$$

где  $v$  – расчетная скорость движения автомобиля на съезде;  $\gamma_{\varphi}$  – доля коэффициента сцепления в поперечном направлении (определяется в зависимости от скорости: при  $v = 40$  км/ч,  $\gamma_{\varphi} = 0,165$ ; при  $v = 50$  км/ч,

$\gamma_2 \varphi_2 = 0,160$ ; при  $v = 60$  км/ч,  $\gamma_2 \varphi_2 = 0,155$ ) [4, рис. VIII.21];  $i_e$  – уклон виража [2, п.5.33];

или обеспечения удобства движения, м

$$R = \frac{v^2}{127(\mu + i_e)}, \quad (3.2)$$

где  $\mu$  – коэффициент поперечной силы [4, с. 239].

Нормативное минимальное значение радиуса находят по нормам [2], изложенным в предыдущем разделе.

Из найденных значений радиуса принимают большее и округляют его в сторону ближайшей величины, кратной пяти. Расчетная схема приведена на рис. 3.1.

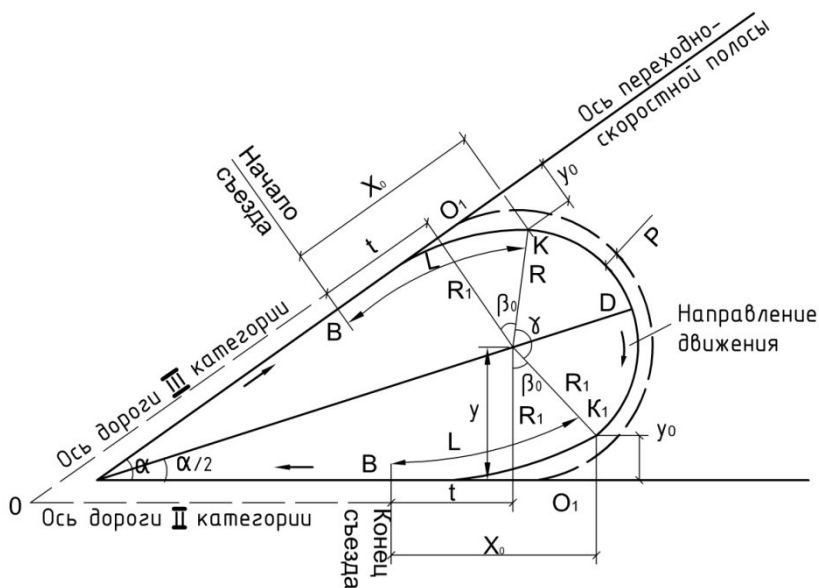


Рис. 3.1. Расчетная схема левоповоротного съезда в остром углу

Минимальная длина переходной кривой, м

$$L = \frac{v^3}{4jR}, \quad (3.3)$$

где  $j$  – нарастание центростремительного ускорения ( $j = 0,5-0,6$  м/с<sup>3</sup>).

При этом необходимо проверить условие достаточности длины переходной кривой для сопряжения с прямым участком, м

$$L \geq + \quad (3.4)$$

где  $l$  – длина совмещенного участка съезда и переходно-скоростной полосы, м

$$l = \quad (3.5)$$

Здесь  $y$  – ордината точки, в которой сходятся внешние кромки проезжих частей съезда и переходно-скоростной полосы. Ординату рекомендуется принимать равной половине суммы ширины переходно-скоростной полосы и ширины проезжей части рассматриваемого съезда;  $l_1$  – часть длины съезда переходной кривой, необходимой для отгона виража, м

$$l_1 = \frac{L \cdot i_{\text{ном}}}{i_{\text{омг}}} - b, \quad (3.6)$$

где  $b$  – ширина проезжей части съезда;  $i_{\text{ном}}$  – поперечный уклон проезжей части дороги на прямом участке;  $i_{\text{омг}}$  – наибольший допустимый уклон отгона виража [2, п. 5.34].

Если условие (3.4) не выполняется, то длину переходной кривой принимают равной правой части этого уравнения.

Значения элементов переходной кривой можно определить, используя формулы (3.7) – (3.14).

Угол, образованный касательной в конце переходной кривой с осью абсцисс, определяют по формуле

$$\beta = \frac{r}{2\pi} \cdot \quad (3.7)$$

Следует проверить условие возможности вписывания переходных кривых в дорожное закругление

$$2\beta \leq \gamma, \quad (3.8)$$

где  $\gamma = 180^\circ + \alpha$ . (3.9)

Находят величину сдвижки  $P$  основной кривой, м, вследствие вписывания переходной кривой

$$P = \frac{r^2}{24K}. \quad (3.10)$$

Если  $P < 0,01R$ , то величиной сдвижки пренебрегают, если  $P \geq 0,01R$ , уточняют величину радиуса основного закругления, м

$$R_1 = + \quad (3.11)$$

Координаты конца переходной кривой, м, рассчитывают по следующим формулам:

$$x_0 = - \frac{r^5}{40 \cdot}, \quad (3.12)$$

$$y_0 = \frac{r^3}{6C} - \frac{r^7}{336C^3}, \quad (3.13)$$

где  $C$  – параметр переходной кривой, равный

$$C = \dots \quad (3.14)$$

Координаты центра основной кривой, м

$$y = \dots + \dots \quad (3.15)$$

Малый тангенс закругления, м

$$t = \dots - \dots \quad (3.16)$$

Местоположение точки  $B$  для нового значения радиуса круговой кривой, м

$$AB = \frac{n}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} - \dots \quad (3.17)$$

Положение точки  $D$  на биссектрисе, м

$$AD = \frac{n}{\sin \frac{\alpha}{2}} + \dots \quad (3.18)$$

Длина основной кривой, м

$$\cup \dots = \dots = \frac{\dots}{180^\circ}, \quad (3.19)$$

где  $\gamma = 180^\circ + \alpha - 2\beta_0$ , в долях градуса.

Длина съезда в плане, м

$$L_{пл} = \dots + \dots \quad (3.20)$$

### 3.2. Расчет правоповоротного съезда в остром углу

В соответствии с указанием [2, п. 6.22] правоповоротный съезд в остром углу следует проектировать в виде единой кривой без прямых вставок. При расчете правоповоротного съезда учитывают найденные ранее размеры соседнего левоповоротного съезда. Расчетная схема правоповоротного съезда в остром углу представлена на рис. 3.2.

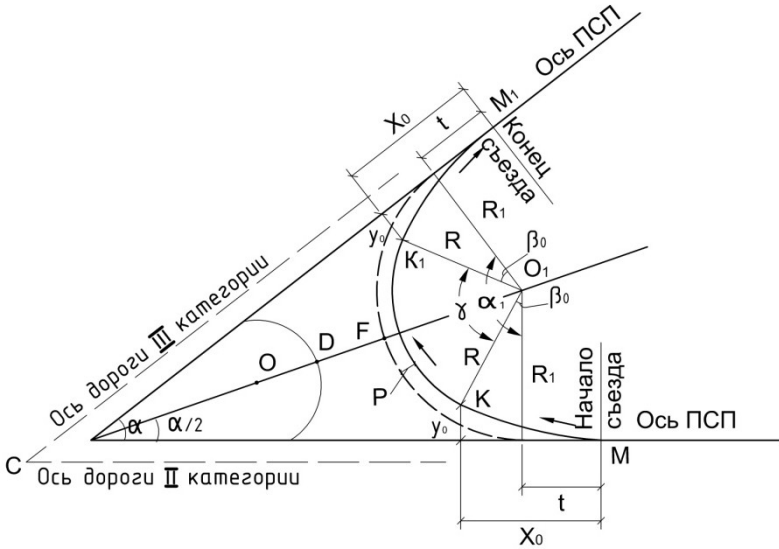


Рис. 3.2. Расчет правоповоротного съезда в остром углу

Минимальный радиус правоповоротного съезда определяют из формул (3.1) и (3.2) с учетом скорости движения на данном съезде [2, п. 6.22] и условий размещений левоповоротного съезда по формуле

$$R = \frac{AF \cdot \dots}{1 - \dots}, \quad (3.21)$$

где  $AF = AD + DF$ . Расстояние  $AD$  берут из расчета левоповоротного съезда в этом углу, из найденных значений радиуса принимают большее. Точка  $F$  называется точкой наибольшего сближения съездов и находится на биссектрисе угла пересечений дорог  $\alpha$ .  $DF$  – расстояние между съездами, определяемое в соответствии со схемой, приведенной на рис. 3.3. Это расстояние должно обеспечить возможность размещения земляного полотна обоих съездов с учетом их откосов и запасного расстояния  $s$  между подошвами откосов.

Как видно из рис. 3.3, расстояние  $DF$  определится по формуле

$$DF = \frac{L}{2} + \dots + \dots + \dots + \dots + \frac{L}{2}. \quad (3.22)$$



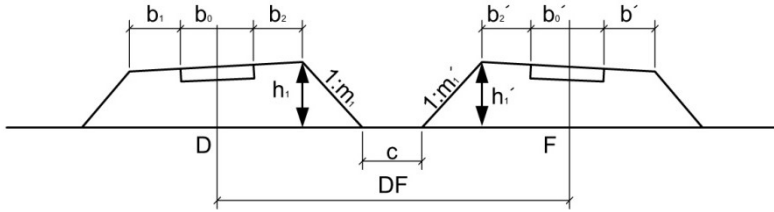


Рис. 3.3. Схема размещения съездов

Зapasное расстояние  $c$  между подошвами откосов необходимо предусматривать для осуществления поверхностного водоотвода (обычно его принимают равным 1 м).

Длину переходной кривой и ее элемента определяют аналогично расчету левоповоротного съезда согласно расчетной скорости и радиусу правоповоротного съезда.

Расстояние до начала съезда, м

$$AM = \frac{n}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + \dots \quad (3.23)$$

где  $R_I = R + P$ .

Длину круговой кривой вычисляют по формуле (3.19), принимая в ней угол

$$\gamma = \dots \quad (3.24)$$

Длина съезда

$$S = \dots + \dots \quad (3.25)$$

Для уменьшения площади, занимаемой развязкой, можно совмещать земляное полотно лево- и правоповоротного съездов. В этом случае расстояние  $DF$  уменьшается до величины совмещения проезжих частей съездов.

### 3.3. Расчет левоповоротного съезда в тупом углу

Расчет производится в такой же последовательности, как для острого угла (п. 3.1.), но в формулы необходимо подставить вместо угла  $\alpha$  угол  $\alpha_I = 180^\circ - \alpha$ , а  $\gamma = 360^\circ - \alpha - 2\beta_0$ .

Расчетная схема приведена на рис. 3.4.

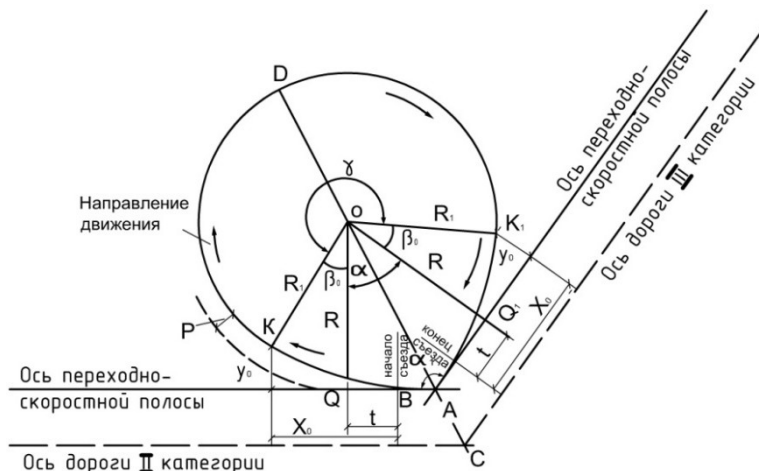


Рис. 3.4. Расчетная схема левоворотного съезда

### 3.4. Расчет правоповоротного съезда в тупом углу

Радиус круговой кривой и длину переходной кривой определяют аналогично предыдущим расчетам, подставляя в формулы соответствующую расчетную скорость и значения параметров  $\gamma_2 \varphi_2$  и  $\mu$ .

Расстояние  $DF$  определяют соответственно по схеме (см. рис. 3.3) с учетом нормативной ширины съездов и высот земляного полотна по продольному профилю.

Расстояние  $AF$  определяют в соответствии с рис. 3.5.

$$AF = \quad + \quad (3.26)$$

Положение точки  $N$  определяют из треугольника  $AFN$

$$AN = \frac{AF}{\sin \varphi}, \quad (3.27)$$

где  $\varphi = 90^\circ - \alpha/2$ .

Величина тангенса, м

$$T = \frac{\quad}{2} + \frac{\quad}{2}. \quad (3.28)$$

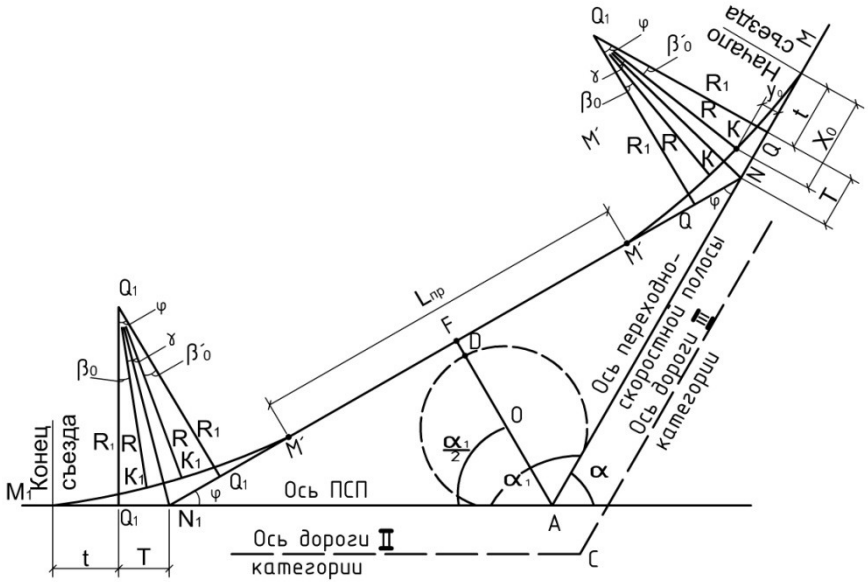


Рис. 3.5. Расчетная схема правоповоротного съезда в тупом углу

Общий тангенс закругления, м

$$NM = + \tag{3.29}$$

Положение точки начала съезда, м

$$AM = + + \tag{3.30}$$

Длина прямого участка, м

$$L_{пр} = - - \tag{3.31}$$

где  $FN = \frac{R_0 \sin \alpha_1}{\sin \varphi}$

Длина круговой кривой, м

$$K_0 = \frac{R_0 \gamma}{180^\circ} \tag{3.32}$$

где  $\gamma = \varphi - 2\beta_0$ .

Длина съезда, м

$$S = + + + \tag{3.33}$$

#### 4. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПО ТИПУ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО КОЛЬЦА С ДВУМЯ ПУТЕПРОВОДАМИ

На этой транспортной развязке проектирование кольца в продольном профиле производится проще, чем на пересечении по типу распределительного кольца с пятью путепроводами. Транспортный поток основной дороги проходит по прямой, а пересекаемый поток второстепенной дороги – по кольцу.

Радиус кольца назначают так, чтобы обеспечить необходимую длину участка слияния  $BC$  (рис. 4.1) и осуществить взаимную увязку правоповоротного съезда  $EB$  и кольца. Это, как правило, требует увеличить радиус кольца по сравнению с тем его значением, которое определяется расчетной скоростью  $v$  и уклоном виража  $i_B$  и находится по формуле

$$R = \frac{v^2}{g(\mu + i_B)}, \quad (4.1)$$

где  $R$  – радиус горизонтальной кривой, м;  $v$  – расчетная скорость движения на кольце и съездах, м/с, (принимают  $v = 40$  км/ч  $\approx 11,1$  м/с);  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\mu$  – коэффициент поперечной силы (для обеспечения удобства движения принимают  $\mu = 0,15$ );  $i_B$  – уклон виража на кольце и съездах, ( $i_B = 0,020$ ).

На основании вышеизложенного, если этот минимальный радиус кривой является недостаточным, то назначают новый радиус.

Определяем угол  $\delta$ :

$$\cos \delta = \frac{n_1}{2R}, \quad (4.2)$$

где  $n_1$  – расстояние между осью проезжей части дороги и осью полосы движения, м.

Для дороги II категории ширина проезжей части с учетом переходной скоростной полосы  $b = 15$  м, тогда расстояние  $n_1 = 3,75 + \frac{b - 3,75}{2} = 7,5$  м  $\approx 6$  м.

Для дороги III категории ширина проезжей части  $b = 7,0$  м, тогда расстояние  $n_2 = \frac{3,5}{2} = 1,75$  м  $\approx 2$  м.

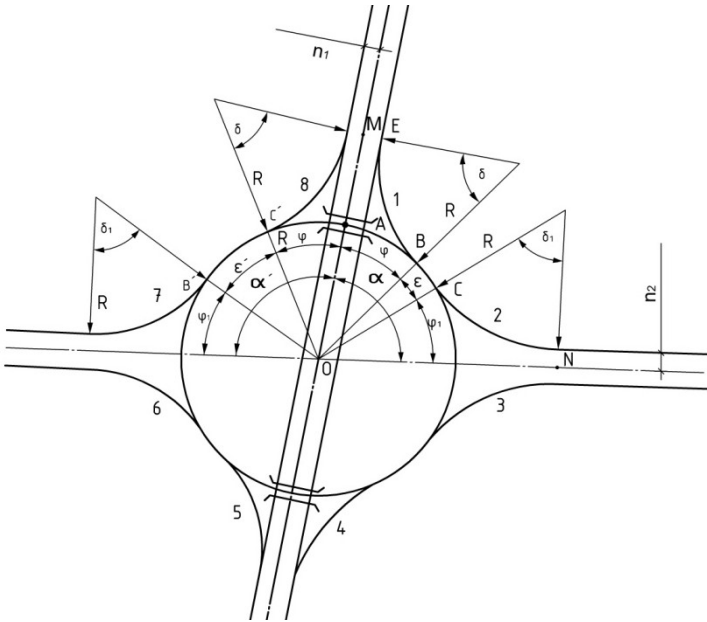


Рис. 4.1. Расчетная схема пересечения по типу распределительного кольца с двумя путепроводами

Определяем угол  $\delta_1$ :

$$\cos \delta = \frac{n_1}{2K}, \quad (4.3)$$

где  $n_2$  – расстояние между осью проезжей части дороги и осью полосы движения, м.

Определяем углы  $\varphi$  и  $\varphi_1$ , по формулам

$$\varphi = - \quad (4.4)$$

$$\varphi_1 = - \quad (4.5)$$

Следующим этапом расчета находим угол  $\varepsilon$ , град:

$$\varepsilon = - - \quad (4.6)$$

где  $\alpha$  – угол пересечения дорог, для которых строится транспортная развязка.

Вычисляем длину участка слияния потоков движения транспорта,

$$BC = \frac{- -}{180}. \quad (4.7)$$

Поскольку длина участка слияния транспортных потоков является величиной, оказывающей существенное влияние на безопасность движения автомобилей на проезжей части кольца (именно на этом участке осуществляется перестроение автомобилей в потоке для дальнейшего движения после въезда), то этот параметр необходимо тщательно контролировать, не допуская его значение менее предусмотренных норм. Значение минимально допустимой длины участка  $BC$  определяем по справочной литературе [1, табл. 1.3]. При скорости движения на кольце и съездах  $v = 40$  км/ч рекомендуемая длина участка слияния транспортных потоков  $l_{сл} = 35-45$  м. Если  $BC$  получается меньше  $l_{сл}$ , то необходимо увеличить радиус кольца и съездов.

В секциях кольца, соответствующих тупому углу  $\alpha'$ , при  $\alpha'$  равном:

$$\alpha' = \dots \quad (4.8)$$

длина участка слияния транспортных потоков  $BC'$  значительно больше длины  $BC$ , поэтому при соблюдении условия  $BC > l_{сл}$ , условие  $BC' > l_{сл}$  также будет соблюдаться.

Кольцо и примыкающий к нему правоповоротный съезд  $EB$  следует увязать между собой. Для этого нужно определить длину съезда  $EB$  в плане  $L_{пл}$  и продольном профиле  $L_{пр}$ . Должно соблюдаться следующее условие:  $L_{пл} \geq L_{пр}$ .

Определяем длину съезда  $EB$  в плане

$$L_{пл} = \frac{\dots}{180} \cdot \dots \quad (4.9)$$

Вычислим длину съезда  $EB$  в продольном профиле  $L_{пр}$ . Так как на съезде  $EB$  вертикальная кривая совпадает с горизонтальной, то при определении радиуса выпуклой вертикальной кривой  $R_{вып}$  (рис. 4.2) по формуле (4.11), расчетное расстояние видимости в продольном профиле  $S$  находим по формуле

$$S = \dots + \dots - 2g(\varphi + \dots) + \dots \quad (4.10)$$

где  $v$  – расчетная скорость движения, м/с;  $t_p$  – время реакции водителя, с, (для расчета принимаем  $t_p = 0,8$  с);  $t$  – время срабатывания тормозной системы, с, ( $t = 0,2$  с);  $K_{э}$  – коэффициент эксплуатационных условий торможения ( $K_{э} = 2,0$ );  $\varphi$  – коэффициент продольного сцепления шин с покрытием ( $\varphi = 0,5$ );  $f$  – коэффициент сопротивления качению ( $f = 0,015$ ).

Определяем радиус выпуклой вертикальной кривой, м

$$R_{вып} = \frac{v^2}{2h}, \quad (4.11)$$

где  $h$  – высота луча зрения водителя, м, ( $h = 1,2$  м).

Полученное значение  $R_{ВЫП}$  округляем в большую сторону, кратное пятидесяти.

Радиус вогнутой вертикальной кривой  $R_{ВОГ}$

$$R_{ВОГ} = \frac{c^2}{2(h_{\phi} + \dots)^2} \quad (4.12)$$

где  $h_{\phi}$  – возвышение центра фары автомобиля над поверхностью дороги, м, ( $h_{\phi} = 0,7$  м);  $\alpha$  – угол раствора пучка света фар в вертикальной плоскости, град, ( $\alpha = 5^{\circ}$ ).

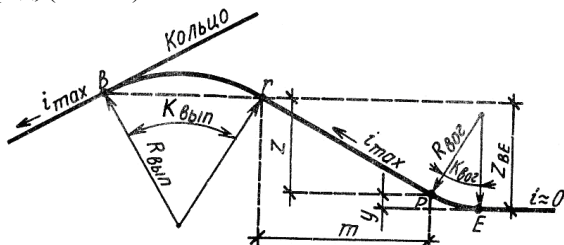


Рис. 4.2. Продольный профиль правоповоротного съезда  $EB$ :  
 $m \approx rp$  – длина участка съезда с максимальным уклоном  $i_{max}$

Округляем  $R_{ВОГ}$  в большую сторону, кратное пятидесяти.

Определяем разность отметок  $z_{BE}$ , которую должен преодолеть съезд  $EB$ . Предварительно находим разность отметок точек  $A$  и  $B$  (рис. 4.3).

Разность  $z_{AB}$  находим по формуле

$$z_{AB} = \frac{n}{180} \cdot \frac{d}{2} \quad (4.13)$$

где  $i_{max}$  – максимальный продольный уклон на кольце и съездах, ( $i_{max} = 40\% = 0,040$ ).

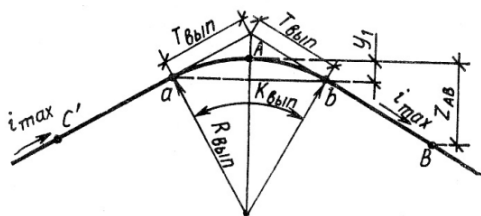


Рис. 4.3. Продольный профиль кольца на участке  $C'AB$ :  
 $A$  – середина выпуклой кривой;  $B$  и  $C'$  – точки слияния правоповоротных съездов с кольцом

Тогда  $z_{BE}$  находится по формуле

$$z_{BE} = \dots \quad (4.14)$$

где  $H$  – разность отметок осей автомобильных дорог основной и проходящей по кольцу на путепроводе в месте их пересечения (точка  $A$ ), м, равная

$$H = \dots + \dots + \dots \quad (4.15)$$

где  $H_1$  – минимальное расстояние от оси дороги, проходящей под путепроводом, до низа пролетных строений путепровода;  $H_{СТР}$  – высота балки пролетного строения, принимаемой при строительстве путепровода;  $h_{ДО}$  – толщина дорожной одежды со сточным треугольником (принимается равной 0,6 м).

Длина съезда  $EB$  в продольном профиле

$$L_{ПП} = \dots + \dots + \dots \quad (4.16)$$

Если  $L_{ПЛ} > L_{ПП}$ , радиус  $R$  назначен правильно. Если  $L_{ПЛ} < L_{ПП}$ , необходимо увеличить радиус кольца и правоповоротных съездов. Для принятого радиуса  $R$  пересчитывают поперечный уклон проезжей части на кольце

$$i_{П} = \dots - \dots \quad (4.17)$$

Если  $i_{П}$  получится со знаком минус, это означает, что уклон  $i_{П}$  направлен не внутрь кольца, а наружу. Так как уклон выража на съездах  $i_B = 20\% = 0,02$ , то принимаем поперечный уклон проезжей части на кольце  $i_{П} = - 0,02$ . В результате этого сопряжение съездов с кольцом значительно упрощается.

Находим длины всех правоповоротных съездов.

Определяем длину кольца по формуле

$$L_K = \dots \quad (4.18)$$

Расстояние от центра транспортной развязки  $O$  до начала и конца правоповоротных съездов:

$$OM = \dots \quad (4.19)$$

соответственно

$$ON = \dots \quad (4.20)$$

## 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА УЗЛА

На основе выполненных расчетов элементов пересечения вычерчивают **разбивочную схему** для наглядности в разных масштабах: продольный – 1:5000; поперечный – 1:2000 (возможно в другом, удобном для работы



масштабе). Разбивочная схема вычерчивается в осях: пересекающихся дорог, каждой полосы движения, переходно-скоростных полос и их отгонов, лево- и правоповоротных съездов. Она должна дать полное представление о взаимном расположении всех геометрических элементов узла и должна быть ориентирована строго по северному меридиану топографической карты. На схеме показывают: длины отгона и переходно-скоростных полос; начало и конец всех съездов; все углы, радиусы, координаты  $x_0$  и  $y_0$  всех съездов.

Для вычерчивания **плана узла** вначале необходимо начертить план участка местности. План участка местности студент должен составить самостоятельно, увеличивая участок карты (пантографированием, ксерокопированием или при помощи разбивки сетки квадратов) и вычертить его в одинаковых горизонтальном и вертикальном масштабах. Удобнее всего, в масштабе 1: 2000, однако при малых углах пересечения дорог возможно вычерчивание в другом, удобном для работы масштабе. На плане указывается рельеф местности с сечением горизонталей через 1 м, ситуация, все существующие и проектируемые автомобильные и железные дороги. На план наносят оси пересекающихся дорог, оси полос движения и переходно-скоростных полос, оси всех съездов и бровки земляного полотна. Разбивка пикетажа производится по осям по направлению движения автомобилей на съезде. На плане указывается пикетажное положение пересекающихся дорог, соответствующих началу и концу всех съездов. Окончательное оформление плана узла заключается в изображении откосов земляного полотна, проектировании водоотвода (стрелками указывается направление течения воды, положение водопропускных труб), но оно может быть выполнено после построения продольных профилей.

## 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

Перед проектированием продольного профиля необходимо определить высотные отметки контрольных точек, необходимое возвышение поверхности покрытия по условию увлажнения земляного полотна и необходимое возвышение бровки по условию заносимости дороги снегом, принять значение руководящей отметки. Эти отметки определяют уже известными способами, руководствуясь методическими указаниями к курсовому проекту №1. Необходимо также определить, как контрольную точку, разность отметок пересекающихся автомобильных дорог (по осям) в месте прохождения по путепроводу. Разность отметок оказывает существенное влияние на размеры транспортной развязки, а следовательно, и на ее строительную стоимость. Поэтому проектная отметка дороги, проходящей по путепроводу, должна быть точно равна

необходимому возвышению. Эту величину  $H$  определяют по формуле (рис.6.1):

$$H = \dots + \dots + \dots \quad (6.1)$$

где  $H_I$  – высота путепровода в свету (расстояние от оси дороги, проходящей под путепроводом, до низа пролетного строения путепровода), м;  $H_{СТР}$  – высота балки, применяемой при строительстве путепровода, м;  $h_{ДО}$  – толщина дорожной одежды с учетом устройства сточного треугольника, м, ( $h_{ДО} = 0,6$  м).

Высота путепровода в свету  $H_I$  на автомобильных дорогах общего пользования принимается: не менее 5,0 м при пересечении дорог IA, IB, IB, II и III категорий; и не менее 4,5 м при пересечении дорог IV–V категорий.

Проектная отметка оси дороги, проходящей в нижнем ярусе  $H_{ПР.Н.}$ , определяется из чертежа продольного профиля этой дороги, который строится на основании определения руководящей отметки. Руководящая отметка определяется из условия увлажнения (в зависимости от дорожно-климатической зоны и вида грунта земляного полотна) и снегонезаносимости (в зависимости от категории проектируемой дороги). Отметка оси дороги под путепроводом должна быть строго равна руководящей отметке. Ширину обочин дорог в местах с переходно-скоростными полосами допускается уменьшать до 1,5 м – для дорог IA, IB, IB и II категорий и до 1 м – для дорог остальных категорий [2, п.5.21].

Затем определяется тип поперечного профиля земляного полотна по [5]. Руководствуясь категорией дороги, количеством полос движения по ней и типом поперечного профиля определяется необходимая длина пролетных строений путепровода  $L_1$  и  $L_2$  (рис. 6.1).

Полная длина путепровода

$$L_{ПВТ} = \dots + \dots \quad (6.2)$$

Проектная отметка оси дороги, проходящей в верхнем ярусе по путепроводу  $H_{ПР.В.}$ , определится

$$H_{ПР.В.} = \dots + \dots \quad (6.3)$$

В курсовой работе необходимо построить на миллиметровке продольные профили пересекающихся автомобильных дорог (в пределах узла), одного лево- и одного правоповоротного съездов.

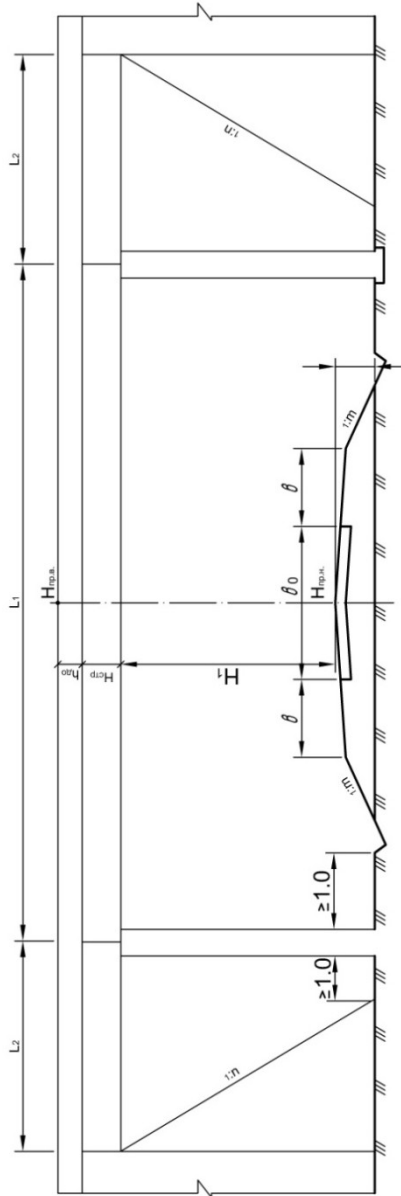


Рис. 6.1. Схема для определения разности отметок бровок земляного полотна пересекающихся дорог

## Библиографический список

1. *Гохман, В. А.* Пересечения и примыкания автомобильных дорог / В.А. Гохман, В.М. Визгалов, М.П. Поляков. – М.: Высшая школа, 1989. – 319 с.
2. СП 34.13330.2012 "Автомобильные дороги". – Минрегион России, 2012. Дата введения 10.07.2013.
3. СП 35.13330.2011 "Мосты и трубы". – Минрегион Росси, 2011. Дата введения 20.05.2011.
4. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника. – М.: Транспорт, 1977. – 559 с.
5. Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования. Типовые материалы для проектирования 503 – 0 – 48.87.

## Оглавление

Исходные данные .....	3
Содержание курсовой работы ... ..	3
Перечень графического материала .....	3
1. Выбор и обоснование типа пересечения .....	3
2. Разработка схемы пересечения и назначение технических нормативов на проектирование пересечения .....	7
3. Расчет элементов пересечения по типу клеверного листа .....	11
3.1. Расчет левоповоротного съезда в остром углу .....	11
3.2. Расчет правоповоротного съезда в остром углу .....	14
3.3. Расчет левоповоротного съезда в тупом углу .....	16
3.4. Расчет правоповоротного съезда в тупом углу .....	17
4. Расчет элементов пересечения по типу распределительного кольца с двумя путепроводами .....	19
5. Проектирование плана узла .....	23
6. Проектирование продольного профиля .....	24
Библиографический список .....	27

Учебное издание

**Проектирование и расчет транспортной развязки**

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине  
"Изыскания и проектирование автомобильных дорог"

для студентов направления 08.03.01 – Строительство  
профиля подготовки "Автомобильные дороги и аэродромы"

Составитель **Горшкова** Нина Георгиевна

Подписано в печать 08.06.16. Формат 60x84/16. Усл.печ.л. 1,7. Уч-изд.л. 1,8.

Тираж 40 экз.

Заказ

Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом  
университете им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46