

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  
специальности 270205 – «Автомобильные дороги и аэродромы»  
и бакалавров по направлению 270800 – «Строительство»  
профиля подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы»

Белгород  
2010

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  
специальности 270205 – «Автомобильные дороги и аэродромы»  
и бакалавров по направлению 270800 – «Строительство»  
профиля подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы»

Белгород  
2010

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  
П79 указания к выполнению курсовой работы / сост. Н.Г. Горшкова. –  
Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 28 с.

В методических указаниях изложено обоснование 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.

Предназначены для студентов специальности 270205 – «Автомобильные дороги и аэродромы» и бакалавров по направлению 270800 – «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, 2010

## 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 миллиметровой бумаге (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.

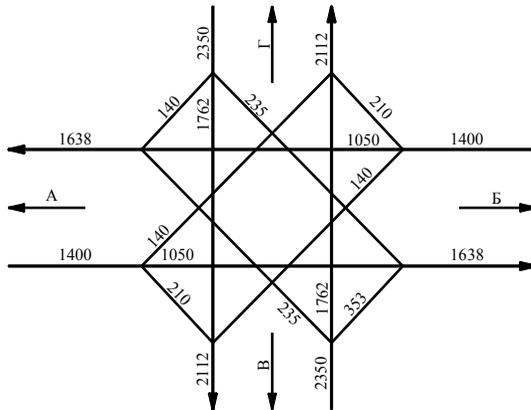


Рис. 1.1. Схема распределения интенсивности движения на пересечении в перспективном году

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. основополагающим 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.

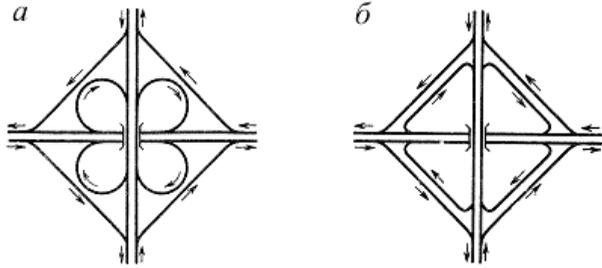


Рис. 1.2. Схемы полного клеверного листа:  
*a* – с восемью однопутными съездами; *б* – с четырьмя двухпутными съездами

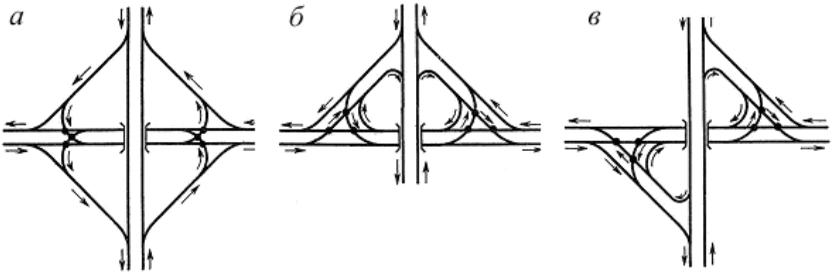


Рис. 1.3. Схемы неполного клеверного листа  
 (точками показаны пересечения потоков движения в одном уровне):  
*a* – с четырьмя однопутными съездами; *б* – с двумя двухпутными съездами, расположенными в соседних четвертях; *в* – то же, в накрестлежащих четвертях

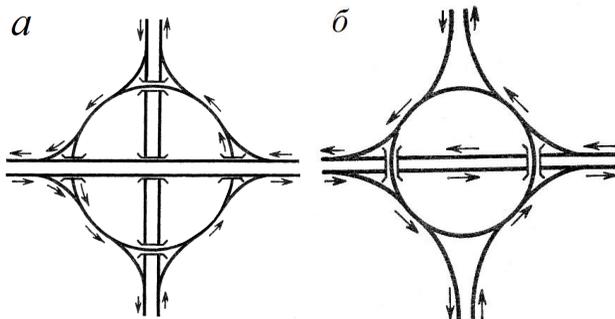


Рис. 1.4. Схемы распределительного кольца:  
*a* – с пятью путепроводами; *б* – с двумя путепроводами

Возможно так же устройство более сложных пересечений, представленных на рис. 1.5–1.7.

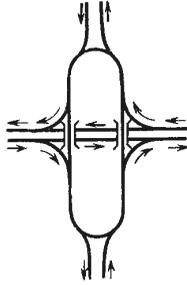


Рис. 1.5. Схема распределительного вытянутого кольца с двумя путепроводами

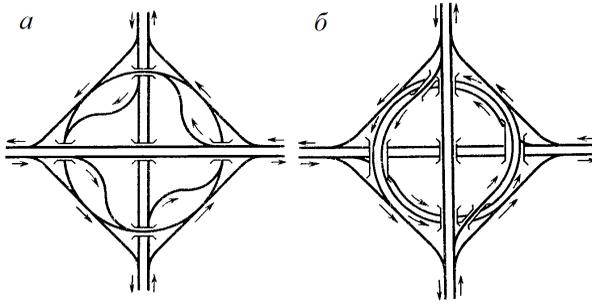


Рис. 1.6. Схемы пересечения:  
*a* – улучшенного типа распределительного кольца; *б* – турбинного типа

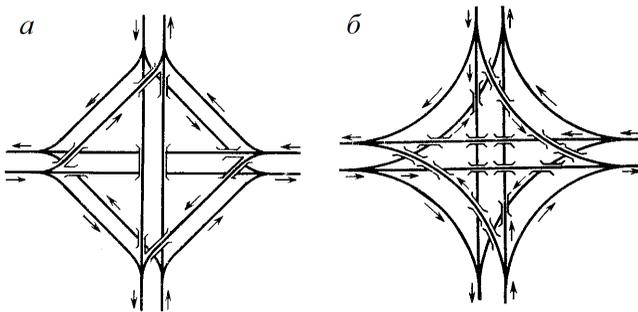


Рис. 1.7. Схемы пересечения:  
*a* – ромбовидного типа пересечения;  
*б* – по типу криволинейного четырехугольника

## **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 СНиП 2.05.02. – 85 [2], руководствуясь положениями изложенными в пп. 5.1–5.26.

Пересечения и примыкания автомобильных дорог, как правило, следует располагать на свободных площадках и на прямых участках пересекающихся дорог.

Продольные уклоны дорог на подходах к пересечениям на протяжении расстояний видимости для остановки автомобиля не должны превышать 40‰.

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

- на дорогах I-а категории с автомобильными дорогами всех категорий и на дорогах I-б и II категорий с дорогами II и III категорий;
- при пересечениях дорог III категории между собой и их примыканиях при перспективной интенсивности движения на пересечении (в сумме для обеих пересекающихся и примыкающих дорог) более 8000 прив. ед./сут.

Все съезды и въезды на подходах к дорогам I–III категорий должны иметь покрытия при песчаных, супесчаных и легких суглинистых грунтах – на протяжении 100 м. Обочины на съездах и въездах на этой длине следует укреплять на ширину не менее 0,5–0,75 м.

Наименьший радиус кривых при сопряжениях дорог в местах пересечений или примыканий в одном уровне следует принимать по категории дороги, с которой происходит съезд, независимо от угла пересечения: при съездах с дорог I, II категорий не менее 25 м, с дорог III категории – 20 м.

Сопряжения дорог в одном уровне следует выполнять с применением переходных кривых.

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

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

Расчетную скорость на левоповоротных съездах СНиП не регламентирует. В общем случае она может приниматься от 30 до 90 км/ч, но в целях уменьшения геометрических размеров съездов на практике часто принимают скорость движения 40–50 км/ч для дорог I и II категорий и 35–40 км/ч для дорог III категории [1].

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

Съезды с дорог I и III категорий и въезды на них следует осуществлять с устройством переходно-скоростных полос.

Ширину проезжей части на всем протяжении левоповоротных съездов в разных уровнях следует принимать 5,5 м, а правоповоротных съездов – 5,0 м без дополнительного уширения на кривых.

Ширина обочин с внутренней стороны закругления должна быть не менее 1,5 м, с внешней – 3 м.

Продольные уклоны на съездах следует принимать не более 40%. На однополосных съездах следует предусматривать устройство виражей с поперечным уклоном 20–60%.

Минимальные радиусы выпуклых кривых в продольном профиле на съездах следует принимать в соответствии с расчетными скоростями [2, табл. 10].

Путепроводы транспортных развязок через дороги всех категорий следует проектировать согласно СНиП 2.05.03 – 84 [3].

Переходно-скоростные полосы следует предусматривать на пересечениях в одном уровне в местах съездов на дорогах I–III категорий при интенсивности 200 прив. ед./сут. и более съезжающих или въезжающих на дорогу.

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

Длину переходно-скоростных полос следует принимать в соответствии с табл. 2.1.

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

Категория дороги	Продольный уклон, %, на		Длина полос полной ширины, м, для		Длина отгона полос разгона и торможения, м
	спуске	подъеме	разгона	торможения	
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

*Примечание:* при сопряжении переходно-скоростных полос со съездами, имеющими самостоятельные проезжие части для поворачивающих автомобилей, длину переходно-скоростных полос полной ширины допускается уменьшать в соответствии с расчетными скоростями на съездах, но не менее, чем до 50 м для дорог II категории и до 30 м для дорог III категории.

Отгон полос торможения следует начинать с уступа величиной 0,5 м. Переходно-скоростные полосы для левоповоротных съездов дорог II категории транспортных развязок типа «клеверный лист» следует проектировать в виде единых по длине полос для смежных съездов, включая участок путепровода.

Ширину переходно-скоростных полос следует принимать равной ширине основных полос проезжей части.

Укрепленные полосы на обочинах, прилегающих к переходно-скоростным полосам, следует выполнять в соответствии с требованиями к категории дороги.

Переходно-скоростные полосы в зоне пересечений и примыканий перед сопрягающими кривыми следует на длине 20 м отделять от основных полос движения разделительной полосой шириной 0,75 м для дорог I и II категорий и 0,5 м – для дорог III категории. Эти разделительные полосы следует предусматривать в одном уровне с прилегающими полосами движения и выделять разметкой.

Технические нормативы на пересечение сводятся в табл. 2.2.

### Технические нормативы на пересечение

Наименование норматива	Значение норматива для категории	
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		
Наибольшие продольные уклоны, ‰		
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

$$R = \frac{v^2}{127(\gamma_2\varphi_2 + i_e)}, \quad (3.1)$$

где  $v$  – расчетная скорость движения автомобиля на съезде;  $\gamma_2\varphi_2$  – доля коэффициента сцепления в поперечном направлении (определяется в зависимости от скорости: при  $v = 40$  км/ч,  $\gamma_2\varphi_2 = 0,165$ ; 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.5.13];

или обеспечения удобства движения, м

$$R = \frac{v^2}{127(\mu + i_6)}, \quad (3.2)$$

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

Нормативное минимальное значение радиуса находят по СНиП [2, п. 5.12].

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

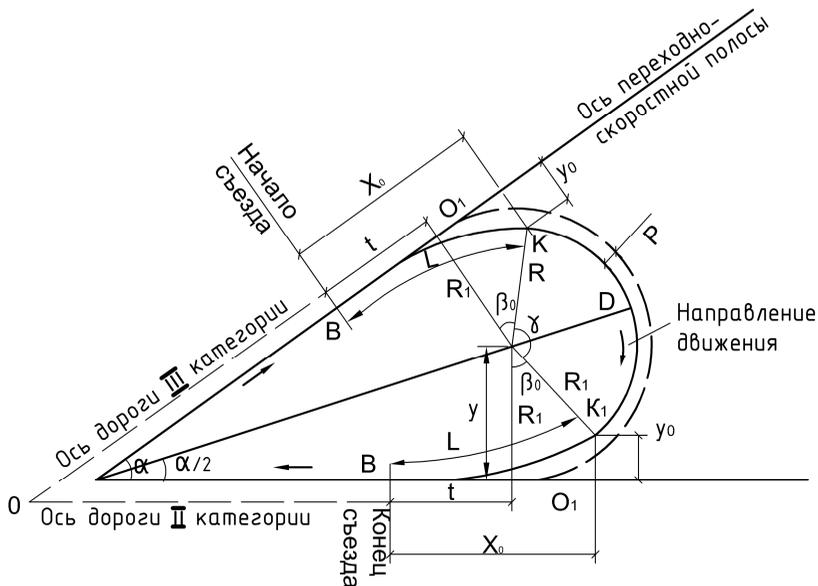


Рис. 3.1. Расчетная схема левоповоротного съезда в остром углу

Минимальная длина переходной кривой, м

$$L = \frac{v^3}{47Rj}, \quad (3.3)$$

где  $j$  – нарастание центростремительного ускорения ( $j = 0,5-0,6 \text{ м/с}^3$ ).

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

$$L \geq l + l_1, \quad (3.4)$$

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

$$l = \sqrt[3]{6RLy} . \quad (3.5)$$

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 [2, п. 5.25] и ширины проезжей части рассматриваемого съезда [2, п. 5.12];  $l_1$  – часть длины съезда переходной кривой, необходимой для отгона виража, м

$$l_1 = \frac{b(i_g - i_{non})}{i_{omz}} , \quad (3.6)$$

где  $b$  – ширина проезжей части съезда [2, п. 5.12];  $i_{non}$  – поперечный уклон проезжей части дороги на прямом участке [2, табл. 7];  $i_{omz}$  – наибольший допустимый уклон отгона виража [2, п. 4.18].

Если условие (3.4) 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

$$\beta_0 = \frac{L \cdot 180^\circ}{2\pi R} . \quad (3.7)$$

Следует проверить условие возможности вписывания переходных кривых в дорожное закругление

$$2\beta_0 \leq \gamma , \quad (3.8)$$

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

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

$$P = \frac{L^3}{24R} . \quad (3.10)$$

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

$$R_1 = R + P . \quad (3.11)$$

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

$$x_0 = L - \frac{L^5}{40 \cdot C^2}, \quad (3.12)$$

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

где  $C$  – параметр переходной кривой, равный

$$C = R \cdot L. \quad (3.14)$$

Координаты центра основной кривой, м

$$y = y_0 + R \cos \beta_0. \quad (3.15)$$

Малый тангенс закругления, м

$$t = x_0 - R \sin \beta_0. \quad (3.16)$$

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

$$AB = \frac{R_1}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} - t. \quad (3.17)$$

Положение точки  $D$  на биссектрисе, м

$$AD = \frac{R_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + R. \quad (3.18)$$

Длина основной кривой, м

$$\cup KDK_1 = K_0 = \frac{\pi R \gamma}{180^\circ}, \quad (3.19)$$

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

Длина съезда в плане, м

$$L_{nl} = K_0 + 2L. \quad (3.20)$$

### 3.2. Расчет правоповоротного съезда в остром углу

В соответствии с указанием [2, п. 5.12] 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.

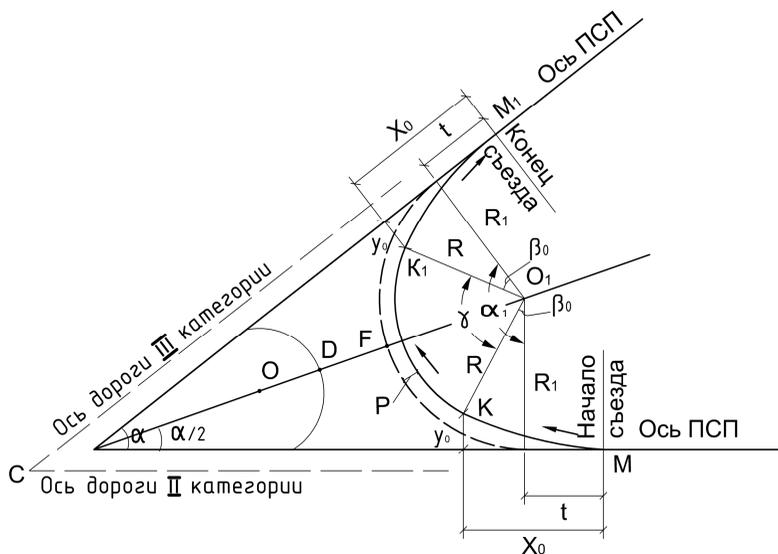


Рис. 3.2. Расчет правоповоротного съезда в остром углу

Минимальный радиус правоповоротного съезда определяют из формул (3.1) и (3.2) с учетом скорости движения на данном съезде [2, п. 5.12] и условий размещений левоповоротного съезда по формуле

$$R = \frac{AF \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (3.21)$$

где  $AF = AD + DF$ .  $AD$  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  $c$  между подошвами откосов.

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

$$DF = \frac{b_0}{2} + b_2 + m_1 h_1 + c + m_1' h_1' + b_2' + \frac{b_0'}{2}. \quad (3.22)$$

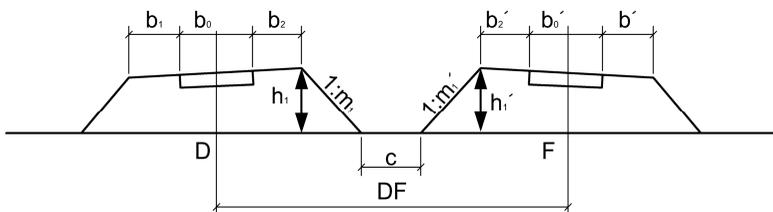


Рис. 3.3. Схема размещения съездов

Запасное 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

$$AM = \frac{R_1}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + t, \quad (3.23)$$

где  $R_1 = R + P$ .

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

$$\gamma = 180^\circ - \alpha - 2\beta_0. \quad (3.24)$$

Длина съезда

$$S = 2L + K_0. \quad (3.25)$$

### 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  $\alpha_1 = 180^\circ - \alpha$ , а  $\gamma = 360^\circ - \alpha - 2\beta_0$ .

Расчетная схема приведена на рис. 3.4.

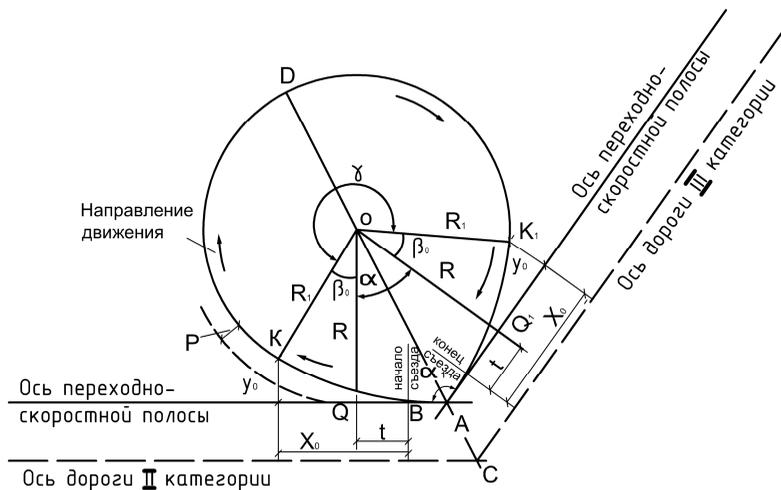


Рис. 3.4. Расчетная схема левоповоротного съезда

### 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.

$$AF = AD + DF. \quad (3.26)$$

Положение точки  $N$  определяют из треугольника  $AFN$

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

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

Величина тангенса, м

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = (R + P) \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}. \quad (3.28)$$

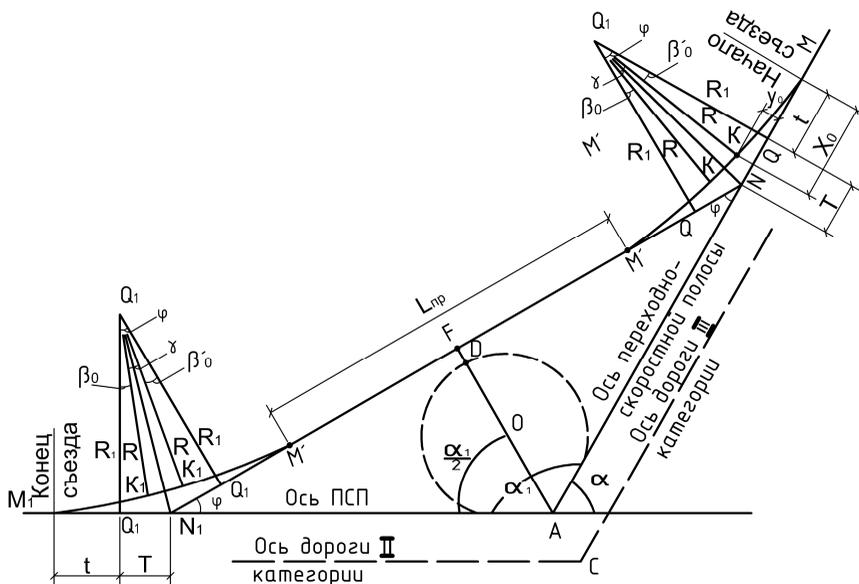


Рис. 3.5. Расчетная схема правоповоротного съезда в тупом углу

Общий тангенс закругления, м

$$NM = T + t \quad (3.29)$$

Положение точки начала съезда, м

$$AM = AN + T + t \quad (3.30)$$

Длина прямого участка, м

$$L_{np} = 2(FN - T - t), \quad (3.31)$$

где  $FN = \frac{AD + DF}{\operatorname{tg} \varphi}$ .

Длина круговой кривой, м

$$K_0 = \cup KK_1 = \frac{\pi R \gamma}{180^\circ}, \quad (3.32)$$

где  $\gamma = \varphi - 2\beta_0$ .

Длина съезда, м

$$S = 2(L + K_0 + L) + L_{пр}. \quad (3.33)$$

#### 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

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

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  $\mu = 0,15$ );  $i_g$  – уклон виража на кольце и съездах, ( $i_g = 0,020$ ).

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

Определяем угол  $\delta$ :

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

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

Для дороги II категории ширина проезжей части с учетом переходно-скоростных полос  $b = 15$  м, тогда расстояние  $n_1 = 3,75 + 1,87 = 5,62$  м  $\approx 6$  м.

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

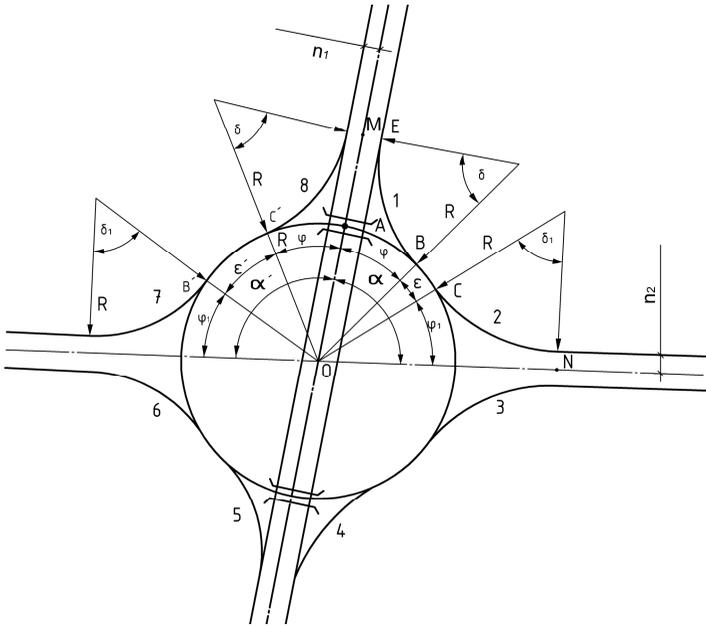


Рис. 4.1. Расчетная схема пересечения по типу распределительного кольца с двумя путепроводами

Определяем угол  $\delta_j$ :

$$\cos \delta_1 = \frac{R + n_2}{2R}, \quad (4.3)$$

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

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

$$\varphi = 90 - \delta; \quad (4.4)$$

$$\varphi_1 = 90 - \delta_1. \quad (4.5)$$

Следующим этапом расчета находим угол  $\varepsilon$ , °

$$\varepsilon = \alpha - \varphi - \varphi_1, \quad (4.6)$$

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

Вычисляем длину участка слияния потоков движения транспорта, м

$$BC = \frac{\pi R \varepsilon}{180}. \quad (4.7)$$

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 [табл. 1.3, 1]. 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:

$$\alpha' = 180 - \alpha, \quad (4.8)$$

длина участка слияния транспортных потоков  $B'C'$  значительно больше длины  $BC$ , поэтому при соблюдении условия  $BC > l_{СЛ}$ , условие  $B'C' > l_{СЛ}$  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

$$L_{ПЛ} = \frac{\pi R \delta}{180}. \quad (4.9)$$

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  $R_{ВВП}$  (рис. 4.2) по формуле (4.11), расчетное расстояние видимости в продольном профиле  $S$  находим по формуле

$$S = v(t_p + t) + K_{\text{Э}} \frac{v^2}{2g(\varphi_1 + f)} + 5, \quad (4.10)$$

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);  $K_{\text{Э}}$  – коэффициент эксплуатационных условий торможения, ( $K_{\text{Э}} = 2,0$ );  $\varphi_1$  – коэффициент продольного сцепления шин с покрытием ( $\varphi_1 = 0,5$ );  $f$  – коэффициент сопротивления качению ( $f = 0,015$ ).

Определяем радиус выпуклой вертикальной кривой, м

$$R_{\text{ВЫП}} = \frac{S^2}{2h}, \quad (4.11)$$

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

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

Радиус вогнутой вертикальной кривой  $R_{\text{ВОГ}}$

$$R_{\text{ВОГ}} = \frac{S^2}{2(h_{\phi} + S \cdot \sin \frac{\alpha}{2})}, \quad (4.12)$$

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

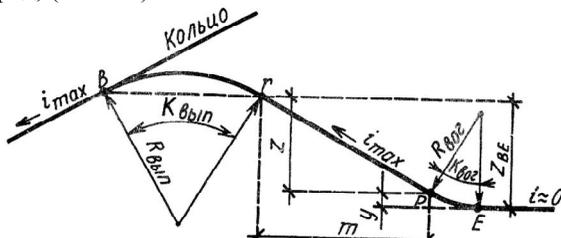


Рис. 4.2. Продольный профиль правоповоротного съезда  $EB$ :  
 $m \approx rp$  – длина участка съезда с максимальным уклоном  $i_{\text{max}}$ .

Округляем  $R_{\text{ВОГ}}$  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

$$z_{AB} = \frac{\pi R}{180} \varphi i_{\text{max}} - \frac{R_{\text{ВЫП}}}{2} i_{\text{max}}^2, \quad (4.13)$$

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

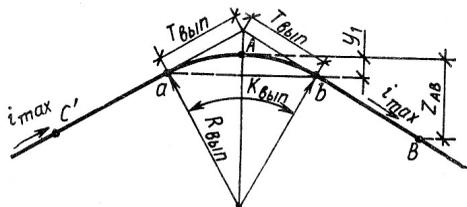


Рис. 4.3. Продольный профиль кольца на участке  $C'A'B$ :  
 $A$  – середина выпуклой кривой;  $B$  и  $C'$  – точки слияния  
 правоповоротных съездов с кольцом

Тогда  $z_{BE}$  находится по формуле

$$z_{BE} = H - z_{AB}, \quad (4.14)$$

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

$$H = H_1 + H_{СТР} + h_{ДО}, \quad (4.15)$$

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

$$L_{ПП} = \frac{z_{BE}}{i_{max}} + (0,5R_{ВОГ} + 2R_{ВВП})i_{max}. \quad (4.16)$$

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

$$i_{П} = \frac{v^2}{Rg} - \mu. \quad (4.17)$$

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  $i_{II} = -0,02$ . В результате этого сопряжение съездов с кольцом значительно упрощается.

Находим длины всех правоповоротных съездов.

Определяем длину кольца по формуле

$$L_K = 2\pi R. \quad (4.18)$$

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

$$OM = 2R \cos \varphi, \quad (4.19)$$

соответственно

$$ON = 2R \cos \varphi_1. \quad (4.20)$$

## 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. На схеме показывают: длины отгона и переходно-скоростных полос; начало и конец 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 указыва-

ется 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 незаносимости дороги снегом. 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):

$$H = H_1 + H_{СТР} + h_{ДО} , \quad (6.1)$$

где  $H_1$  – 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  $H_1$  согласно СНиП 2.05.03–84 [3] принимается не менее 5,0 м при пересечении дорог I – 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 продольного профиля, 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). 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

$$L_{ПВТ} = L_1 + 2L_2 . \quad (6.2)$$



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

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

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

### 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. СНиП 2.05.02 – 85. Автомобильные дороги. – М., 1986.
3. СНиП 2.05.03 – 84. Мосты и трубы. – М.: 1985.
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 .....	10
3.1. Расчет левоповоротного съезда в остром углу .....	10
3.2. Расчет правоповоротного съезда в остром углу .....	14
3.3. Расчет левоповоротного съезда в тупом углу .....	15
3.4. Расчет правоповоротного съезда в тупом углу .....	16
4. Расчет элементов пересечения по типу распределительного кольца с двумя путепроводами .....	18
5. Проектирование плана узла .....	23
6. Проектирование продольного профиля .....	24
Библиографический список .....	26

Учебное издание

## **Проектирование и расчет транспортной развязки**

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог» для студентов специальности 270205 – «Автомобильные дороги и аэродромы» и бакалавров по направлению 270800 – «Строительство» профиля подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы»

Составитель Горшкова Нина Георгиевна

Подписано в печать . Формат 60x84/16. Усл.печ.л. 1,6. Уч-изд.л. 1,8.

Тираж 54 экз. Заказ Цена

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

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46