

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИРАЖА

## 1 Общие положения

Для уменьшения центробежной силы при движении автомобиля по кривой необходимо сместить центры тяжести автомобиля в сторону действия центробежной силы. При этом составляющая веса автомобиля будет противодействовать центробежной силе это возможно, если выполнить односкатный поперечный профиль проезжей части на кривой – вираж.

Вираж-это односкатный поперечный профиль проезжей части малого радиуса с углом к центру кривой. На вираж можно передать 1/3-1/4 действующей на автомобиль центробежной силы. При этом увеличивается устойчивость автомобиля, повышается безопасность движения, водитель уверенно управляет автомобилем без снижения скорости движения.

Виражи устраивают на всех кривых с радиусом  $R < 3000$  м на дорогах I-й категории и меньше 2000 м – на дорогах остальных категорий. На вираже выделяют следующие элементы:

- *отгон виража*  $L_{отг}$  – участок, на котором происходит переход от двускатного профиля к односкатному и наоборот;
- *участок с односкатным профилем* на круговой кривой;
- *уклон виража*  $i_{вир}$  - поперечный уклон односкатного профиля проезжей части.

Уклон виража назначается из условия.

$$i_{вир} = \frac{V^2}{gR} - \mu, \quad (1)$$

где  $V$  - скорость движения, м/с;  $R$  - заданный радиус кривой, м;  $\mu$  - коэффициент поперечной силы.

Согласно СНиП 2.05.02-85 поперечный уклон проезжей части на вираже назначают в зависимости от радиусов кривых в плане в пределах от 20‰ до 60‰ (табл. 1). В районах с частой гололедицей, в которых обледенение проезжей части составляет более 10 дней в году, уклон виража принимают не более 40‰.

Уклон обочин на виражах принимают равным уклону проезжей части. Переход уклона обочин от нормального уклона ( $i_{об}$ ) к уклону проезжей части ( $i_{поп}$ ) осуществляют на протяжении 10 м. При этом предусматривают их укрепление.

На внешней кромке виража за счет ее поднятия возникает дополнительный уклон  $i_{доп}$ . По отношению к проектному продольному уклону  $i_{прод}$  он не должен превышать следующих величин:  $i_{доп} \leq 5$  ‰ для

дорог I и II категории;  $i_{\text{доп}} \leq 10 \text{ ‰}$  для дорог III и II категории;  $i_{\text{доп}} \leq 20 \text{ ‰}$  для дорог в горной местности. Минимальная длина отгона виража составляет

$$L_{\text{отг}}^{\text{min}} = \frac{B \cdot i_{\text{вир}}}{i_{\text{доп}}}, \quad (2)$$

где  $B$  – ширина покрытия дорожной одежды (ширина проезжей части и две краевые полосы).

Если эта величина оказывается меньше длины переходной кривой, то длину отгона виража принимают равной длине переходной кривой:

$$L_{\text{отг}} = L.$$

Таблица 1 - Значения уклона виража в зависимости от радиуса кривой

Радиусы кривых в плане, м	Поперечный уклон проезжей части на виражах, ‰	
	основной, наиболее распространенный	в районах с частой гололедицей
3000 м и более для дорог I категории, 2000 и более для остальных категорий	двускатный поперечный профиль	то же
от 3000 (2000) -1000	20 - 30	20 - 30
1000 -700	30 - 40	30 - 40
700 - 650	40 - 50	40
650 - 600	50 - 60	40
менее 600	60	

## 2 Порядок расчета и разбивки виража

Расчет виража выполняют в такой последовательности:

1. Определяют минимальную длину отгона виража по формуле (2) и назначают проектную длину отгона виража  $L_{\text{отг}}$ .

2. Поперечные уклоны проезжей части и обочины  $i_{\text{поп}}$  и  $i_{\text{об}}$  соответственно принимают по таблице основных технических показателей автомобильной дороги.

3. Длину отгона виража разбивают на ряд отрезков и на каждом отрезке намечают ряд поперечников, характеризующихся поперечными уклонами, приведенными в табл. 2.

Таблица 2 – Значения уклонов характерных элементов профиля

Характерные элементы поперечного профиля	Поперечный уклон элементов в сечениях, ‰						
	0-0'	1-1'	2-2'	3-3'	4-4'	5-5'	6-6'
Внешняя обочина	+40	+20	0	-20	-30	-40	-60
Внешняя половина проезжей части	+20	+20	0	-20	-30	-40	-60
Внутренняя половина проезжей части	-20	-20	-20	-20	-30	-40	-60
Внутренняя обочина	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-60

*Примечания:* 1. Знак «+» соответствует поперечному уклону, направленному от центра закругления; 2. Знак «-» соответствует поперечному уклону, направленному к центру закругления.

Конструирование (разбивку) виража осуществляют в несколько стадий.

1 стадия. За 10 м до начала отгона виража внешней обочине придают уклон, равный поперечному уклону проезжей части, то есть внешнюю бровку земляного полотна на протяжении 10 м поднимают на величину

$$h'_1 = b_{об} (i_{об} - i_{поп}), \quad (3)$$

где  $b_{об}$  – ширина обочины,  $i_{об}$  – уклон обочины,  $i_{поп}$  – поперечный уклон проезжей части.

В том случае, когда уклон виража меньше уклона обочин, до начала отгона виража (за 10 м) внешней обочине придают уклон, равный уклону проезжей части, а внутренней обочине – уклон, равный уклону виража.

2 стадия. Внешнюю половину дорожного полотна вращают вокруг оси дороги до тех пор, пока не будет достигнут односкатный поперечный профиль с поперечным уклоном, равным поперечному уклону при 2-х скатном профиле. Если уклон виража равен поперечному уклону проезжей части, то конструирование виража заканчивается на 2-й стадии.

Минимальное расстояние, на котором внешняя полоса примет уклон внутренней полосы, определяют по формуле

$$l_1 = \frac{B \cdot i_{поп}}{i_{доп}}. \quad (4)$$

3 стадия. Всю линию верха земляного полотна вращают вокруг его внутренней бровки до создания уклона внутренней обочины. Минимальное расстояние вычисляется по формуле

$$l_2 = \frac{B \cdot (i_{об} - i_{поп})}{i_{доп}}. \quad (5)$$

Если уклон виража равен поперечному уклону обочины, то конструирование виража заканчивается на 3-й стадии.

4 стадия. Если уклон виража превышает уклон внутренней обочины, то всю линию верха земляного полотна вращают вокруг его внутренней кромки до создания необходимого уклона виража. При этом отметка внутренней бровки обычно уменьшается, а отметки остальных характерных точек увеличиваются. Минимальное расстояние, на котором верху земляного полотна следует принять уклон виража, определяют по формуле

$$l_3 = \frac{B \cdot (i_{\text{вир}} - i_{\text{об}})}{i_{\text{доп}}}. \quad (6)$$

Учитывая, что длина отгона принимается равной длине переходной кривой  $L_{\text{отг}}=L$ , то проектные значения длин  $l_1, l_2$  и  $l_3$  назначаются в зависимости от длины переходной кривой и уклона виража (см. табл. 3).

Таблица 3 - Длины конструктивных участков отгона виража

Уклон виража	$l_1$	$l_2$	$l_3$
$i_{\text{вир}} = i_{\text{поп}}$	$L$	0	0
$i_{\text{вир}} = i_{\text{об}}$	$L/2$	$L/2$	0
$i_{\text{вир}} > i_{\text{об}}$	$L/3$	$L/3$	$L/3$

Полученные участки делят на несколько равных частей и для каждого промежуточного значения (через 5-10 м) вычисляют превышения и отметки всех характерных точек верха земляного полотна.

Характерными точками являются:

- ось дороги;
- внешняя и внутренняя кромки дорожной одежды;
- внешняя и внутренняя бровки земляного полотна.

Превышения  $h$  всех характерных точек вычисляют для каждого промежуточного сечения в соответствии с поперечным уклоном в данном сечении  $i_{\text{сеч}}$ :

$$h = i_{\text{сеч}} \cdot b,$$

где  $b$  – расстояние от неподвижной точки поперечника до точки, превышение которой требуется вычислить.

Полученные превышения используют при определении истинных проектных отметок на каждом поперечнике путем суммирования их с отметками и вычитания в зависимости от положения точек поперечника относительно внутренней кромки проезжей части.

Если в пределах кривой есть продольный уклон, то предварительно определяют отметки внутренней кромки на всех поперечниках с учетом продольного уклона. Затем истинные проектные отметки получают путем суммирования отметок внутренней кромки с превышениями  $h$ .

Пикетное положение при разбивке отгона виража принимают следующим образом. Начало отгона виража совмещают с началом закругления. Придание уклона внешней обочине, равного поперечному уклону проезжей части (первая стадия разбивки), осуществляют за 10 м до начала закругления. Пикетное положение каждого из назначенных поперечников определяют, используя ранее вычисленные значения  $l_1$ ,  $l_2$  и  $l_3$ .

### 3 Пример расчета отгона виража

Необходимо запроектировать вираж при следующих исходных данных: дорога III технической категории; продольный уклон  $i_{пр}=15\%$ ; проектная отметка оси дороги в начале отгона виража (НЗ) составляет 145,5 м; радиус круговой кривой  $R=600$  м; длина переходной кривой  $L=120$  м; ширина проезжей части  $b_{пр}=7,0$  м; ширина краевой полосы  $b_{КП}=0,5$  м; ширина неукрепленной части обочины  $b_{об}=2,0$  м; поперечный уклон проезжей части  $i_{поп}=20\%$ ; поперечный уклон обочины  $i_{об}=40\%$ ; уклон виража  $60\%$ .

Определим минимальную длину отгона виража по формуле (2). Для дороги III технической категории  $i_{доп}=10\%$ , следовательно,

$$L_{отг}^{min} = \frac{(7 + 2 \cdot 0,5) \cdot 0,06}{0,01} = 48 \text{ м.}$$

Так как длина отгона виража меньше длины переходной кривой, то совмещают длину отгона с длиной переходной кривой, то есть  $L_{отг}=120$  м.

Найдем расстояние, на котором внешняя половина верха земляного полотна примет уклон внутренней полосы движения:

$$l_1 = \frac{8 \cdot 0,02}{0,01} = 16 \text{ м.}$$

Так как длина отгона принимается равной длине переходной кривой, то  $l_1=120/3=40$  м.

Вычисляем минимальное расстояние, на котором верху земляного полотна следует придать уклон виража.

$$l_2 = \frac{8 \cdot (0,06 - 0,02)}{0,01} = 32 \text{ м.}$$

Учитывая, что длина отгона принимается равной длине переходной кривой, то  $l_2 = 120 - 40 = 80$  м.

Выделим на поперечнике характерные точки:  $a$  – внутренняя бровка земляного полотна,  $b$  – внутренняя кромка дорожной одежды (краевой полосы),  $c$  – ось дороги,  $d$  – внешняя кромка дорожной одежды (краевой полосы),  $e$  – внешняя бровка земляного полотна. Эти точки в сечении 0-0' (рис. 1) имеют следующие отметки относительно горизонтальной линии, проходящей через бровки:

$$h_a = h_e = 0,0 \text{ м};$$

$$h_b = h_d = i_{об} \cdot b_{об} = 0,04 \cdot 2 = 0,08 \text{ м};$$

$$h_c = h_b + i_{пол} \cdot (b_{пол} + b_{КП}) = 0,08 + 0,02 \cdot (3,5 + 0,5) = 0,016 \text{ м}.$$

Данные заносим в табл. 4.

Внешнюю бровку земляного полотна на протяжении 10 м до начала отгона поднимаем на величину, вычисленную по формуле (3):

$$h'_1 = 2 \cdot (0,04 - 0,02) = 0,04 \text{ м}.$$

Таким образом, в сечении 1-1' изменится отметка в точке  $e$ :  $H_e = 0,04$  м.

Таблица 4 - Отметки превышения в характерных точках для разных сечений

Сечение	Относительные отметки характерных точек поперечника, м				
	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$
0-0'	0,0	0,08	0,16	0,08	0
1-1'	0,0	0,08	0,16	0,08	0,04
2-2'	0,0	0,08	0,16	0,16	0,16
3-3'	0,0	0,08	0,16	0,24	0,28
4-4'	0,0	0,08	0,20	0,32	0,38
5-5'	0,0	0,08	0,24	0,40	0,48
6-6'	-0,04	0,08	0,32	0,56	0,68

В сечении 2-2' внешняя половина верха земляного полотна имеет нулевой уклон, следовательно,  $h_a = h_b = h_c = 0,16$  м. Остальные характерные точки свои отметки сохранили.

В сечении 3-3' верх земляного полотна имеет односкатный профиль с уклоном, равным поперечному уклону проезжей части  $i_{пол} = 20\%$ . Тогда относительные отметки в характерных точках:

$$h_d = h_c + i_{пол} \cdot (b_{пол} + b_{КП}) = 0,16 + 0,02 \cdot (3,5 + 0,5) = 0,24 \text{ м};$$

$$h_e = h_d + i_{пол} \cdot b_{об} = 0,24 + 0,02 \cdot 2 = 0,28 \text{ м}.$$

В сечении 4-4' внешняя обочина и проезжая часть имеют уклон 30%. Следовательно, отметки характерных точек примут значения:

$$h_c = h_b + 0,03 \cdot (b_{\text{пол}} + b_{\text{КП}}) = 0,08 + 0,03 \cdot (3,5 + 0,5) = 0,2 \text{ м};$$

$$h_d = h_c + 0,03 \cdot (b_{\text{пол}} + b_{\text{КП}}) = 0,2 + 0,03 \cdot (3,5 + 0,5) = 0,32 \text{ м};$$

$$h_e = h_d + 0,03 \cdot b_{\text{об}} = 0,32 + 0,03 \cdot 2 = 0,38 \text{ м}.$$

В сечении 5-5' весь верх земляного полотна имеет уклон 40‰. Следовательно, снова изменятся отметки характерных точек  $c, d$  и  $e$ :

$$h_c = h_b + 0,04 \cdot (b_{\text{пол}} + b_{\text{КП}}) = 0,08 + 0,04 \cdot (3,5 + 0,5) = 0,24 \text{ м};$$

$$h_d = h_c + 0,04 \cdot (b_{\text{пол}} + b_{\text{КП}}) = 0,24 + 0,04 \cdot (3,5 + 0,5) = 0,40 \text{ м};$$

$$h_e = h_d + 0,04 \cdot b_{\text{об}} = 0,40 + 0,04 \cdot 2 = 0,48 \text{ м}.$$

В сечении 6-6' весь верх земляного полотна имеет уклон виража 60‰. При этом происходит вращение вокруг внутренней кромки. Тогда отметки характерных точек будут иметь значения:

$$h_a = h_b - 0,06 \cdot b_{\text{об}} = 0,08 - 0,06 \cdot 2 = -0,04 \text{ м};$$

$$h_b = 0,08 \text{ м};$$

$$h_c = h_b + 0,06 \cdot (b_{\text{пол}} + b_{\text{КП}}) = 0,08 + 0,06 \cdot (3,5 + 0,5) = 0,32 \text{ м};$$

$$h_d = h_b + 0,06 \cdot B = 0,08 + 0,06 \cdot 8 = 0,56 \text{ м}.$$

$$h_e = h_d + 0,06 \cdot b_{\text{об}} = 0,56 + 0,06 \cdot 2 = 0,68 \text{ м}.$$

Вычислим проектные отметки в сечении 1-1'. Согласно исходным данным, абсолютная отметка оси дороги  $H_0 = 145,5$  м. Отметка условного горизонта, относительно которого вычисляются отметки  $h_a, h_b, h_c, h_d, h_e$ ,

$$H_{\text{УГ}} = H_0 - i_{\text{пол}} \cdot (b_{\text{пол}} + b_{\text{КП}}) - i_{\text{об}} \cdot b_{\text{об}}. \quad (7)$$

Подставляя в (7) исходные данные примера, получим, что

$$H_{\text{УГ}} = 145,5 - 0,02 \cdot (3,5 + 0,5) - 0,04 \cdot 2 = 145,34 \text{ м}.$$

Тогда, пользуясь данными из табл.19, абсолютные отметки характерных точек составят:

$$H_a = 145,34 + 0,00 = 145,34 \text{ м};$$

$$H_b = 145,34 + 0,08 = 145,42 \text{ м};$$

$$H_c = 145,34 + 0,16 = 145,50 \text{ м};$$

$$H_d = 145,34 + 0,08 = 145,42 \text{ м};$$

$$H_e = 145,34 + 0,04 = 145,38 \text{ м}.$$

В сечении 6-6' отметка проектной линии продольного профиля составляет  $H_0 = 145,5 + 0,015 \cdot 120 = 147,30$  м. Тогда отметка условного горизонта

$$H_{\text{УГ}} = 147,30 - 0,02 \cdot (3,5 + 0,5) - 0,04 \cdot 2 = 147,14 \text{ м}.$$

Остальные отметки вычисляем с помощью данных из табл. 4.

$$H_a = 147,14 - 0,04 = 147,10 \text{ м};$$

$$H_b = 147,14 + 0,08 = 147,22 \text{ м};$$

$$H_c = 147,14 + 0,32 = 147,46 \text{ м};$$

$$H_d = 147,14 + 0,56 = 147,70 \text{ м};$$

$$H_e = 147,14 + 0,68 = 147,82 \text{ м}.$$

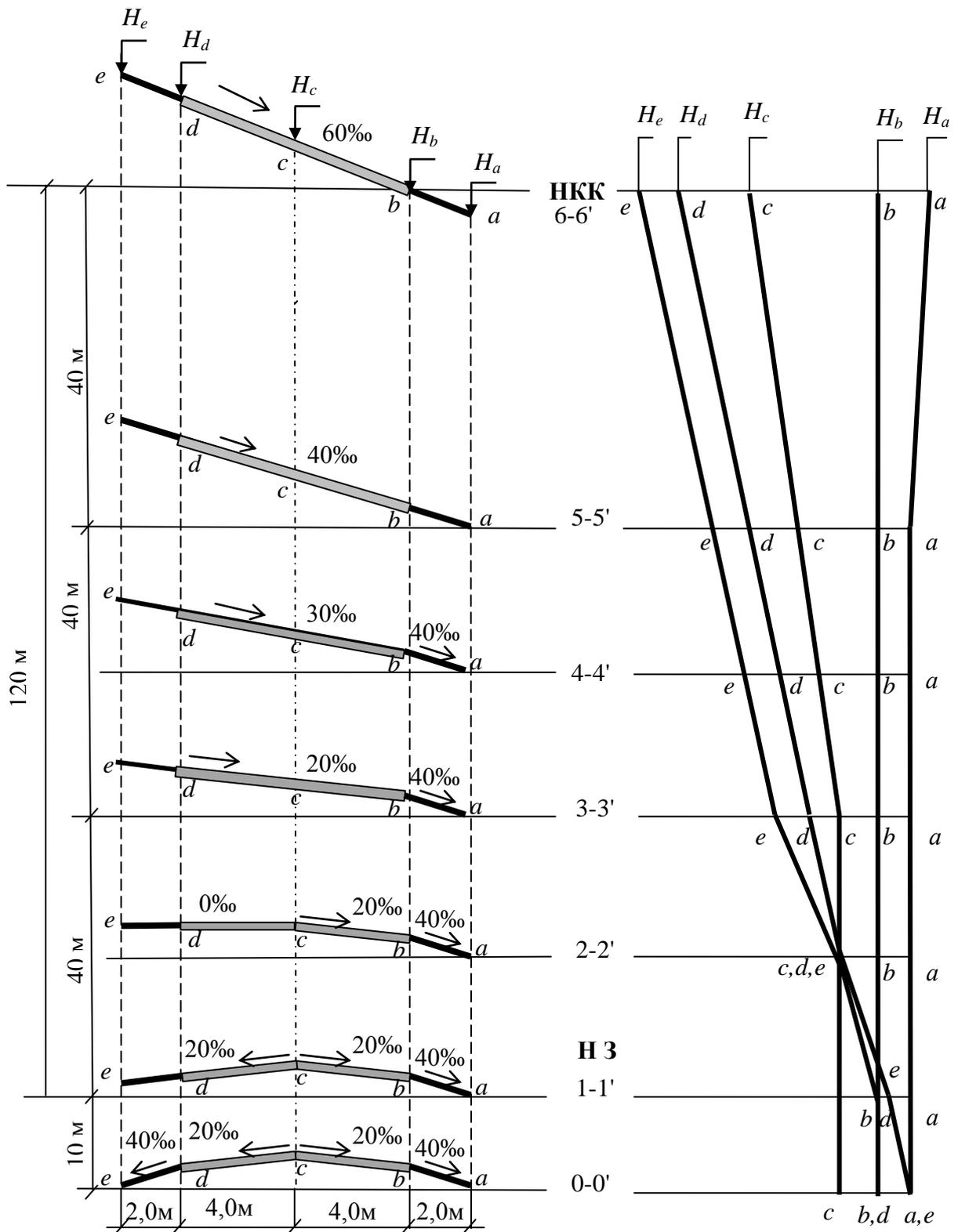


Рисунок 1 - Схема отгона виажа