

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 625.711.812

DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.7

П.К. ДУЮНОВ

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАСС НА ПОДХОДАХ К ПЕРЕВАЛУ

DESIGN OF ROADS ON APPROACHES TO A MOUNTAIN PASS

*Рассмотрены варианты проектирования трасс на подходах к перевалу с использованием «петель» и серпантин. При проектировании серпантин предложено величину переходной кривой на основной кривой назначать расчетом из условия обеспечения безопасной скорости движения, а на обратной кривой – не по величине её радиуса, а по скорости, обеспечиваемой основной кривой. Это позволит максимально вписывать трассу автомобильной дороги в формы рельефа местности, нанося минимально – возможный урон окружающей среде.*

*Рекомендовано прокладывать трассу на подходах к перевалу, ориентируясь не на предельный для заданной категории дороги, а на «руководящий» продольный уклон, который меньше предельного на величину его снижения на закруглениях малых радиусов. Установлена величина снижения предельного продольного уклона для дорог, расположенных в горном массиве Средней Азии, с учетом положения горного хребта в системе горного массива и экспозиции склонов.*

*Проверено расчетом использование «петель» и серпантин для развития трассы на горном склоне. Выполнено их сравнение. По многим параметрам петля оказалась предпочтительнее серпантинны.*

**Ключевые слова:** серпантина, «петля», кривые – переходная, основная, обратная, урезанная круговая; продольный уклон – предельный, «руководящий», дополнительный, допустимый, «косой»; вираж, отгон вира, клотоида.

При прокладке трасс на подходах к перевалу, когда естественный уклон склонов по прямому направлению превышает максимально допустимый строительными нормами для проектируемой дороги, приходится искусственно удлинять («развивать») трассу на горном склоне с использованием серпантин. Серпантина – кривая малого радиуса, описываемая с внешней стороны острого угла, в котором

*The paper dwells upon various designs of roads on approaches to a mountain pass with the use of «loops» and serpentine. When designing serpentine it has been offered to calculate the magnitude of the transition curve on the base curve taking into consideration the optimum safety speed, and on the reversed curve - the speed provided by the basic curve rather than its radius. This allows to adjust a road layout to the relief form at the most, causing minimum possible damage to the environment.*

*It has been recommended to lay a road on the approaches to a mountain pass focusing not on the limiting for the given road category longitudinal gradient, but on the «ruling» one, which is smaller than the limiting by the value of its decreasing on curvatures of small radii. The value of decreasing the limiting longitudinal gradient for roads located in the mountain massif of Central Asia, taking into account the position of the ridge in the mountain massif and slope exposure has been determined.*

*The use of «loops» and serpentine for development of roads on a mountain slope has been calculated. Their comparison has been made. In many respects, the loop turned out to be more preferable than serpentine.*

**Key words:** Serpentine, “loop”, curves - transitional, basic, reversed, reduced circular; longitudinal gradient - limiting, “ruling”, additional, acceptable, “oblique”; bend, attainment of super elevation, clothoid.

сопрягаются оси прямых участков дороги, применяемые при развитии трассы на крутых горных склонах (рис. 1).

Трасса дороги на серпантине состоит из основной кривой ABC, двух обратных (вспомогательных) кривых DF и EG и прямых вставок CD и AE. Под длиной серпантинны следует понимать расстояние от начала закругления G одной вспомогательной кри-

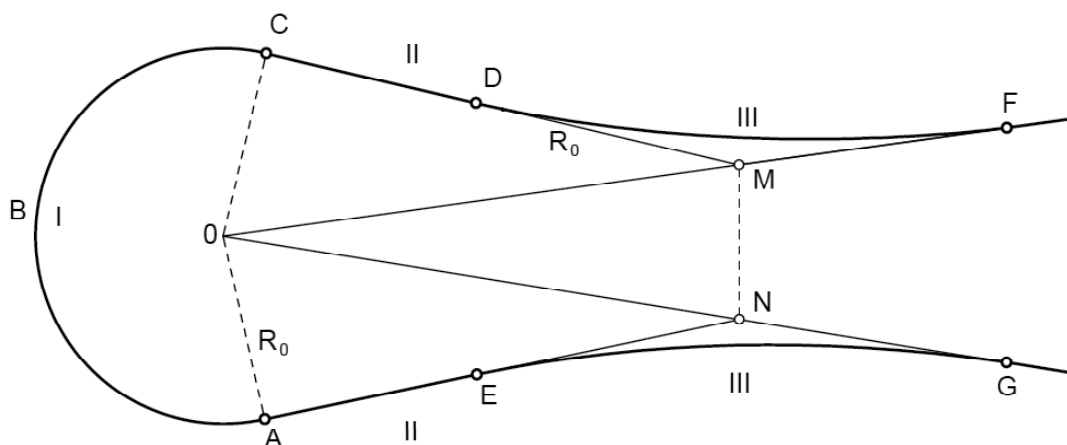


Рис. 1. Симметричная серпантина

вой до конца закругления F другой вспомогательной кривой этой же серпантины.

Прямые вставки CD и AE необходимы для размещения добавочных тангенсов основной и вспомогательной кривых. На этом участке происходит переход от уклона выража основной кривой к уклону выража вспомогательной и наоборот.

Расстояние между вершинами обратных кривых M и N (рис. 2) называют «шейкой» серпантины. Её размер определяется возможностью размещения на местности полуширины земляного полотна верхней части дороги и полуширины нижней части с откосами между ними (рис.3). Это одно из важнейших условий возможности размещения серпантины на горном склоне при ее проектировании.

Различают серпантины *первого рода*, у которых обратные кривые расположены выпуклостью в раз-

ные стороны. Серпантины первого рода могут быть симметричные (см. рис. 1, 2), если они имеют равные радиусы обеих обратных кривых и равные прямые вставки, и не симметричные, если условия симметрии не соблюдаются. У серпантины *второго рода* обратные кривые направлены выпуклостью в одну сторону.

Очертания серпантины необходимо приспособлять к рельефу местности. Более подробные сведения о серпантинах приведены в [1].

### План трассы на серпантине

Устройство серпантин допускается на горных дорогах II-V категорий, причем  $R=30$  м принимается на дорогах II-III категорий,  $R<30$  м – только на дорогах IV-V категорий при запрещении движения автопоездов длиной свыше 11 м.

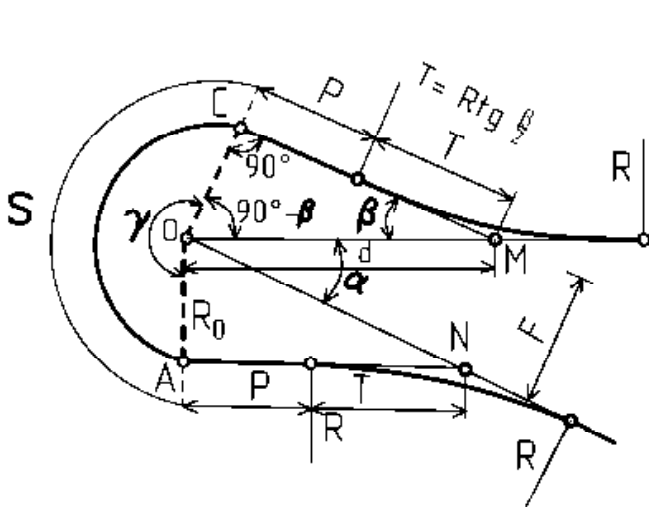


Рис. 2. Разбивка симметричной серпантины

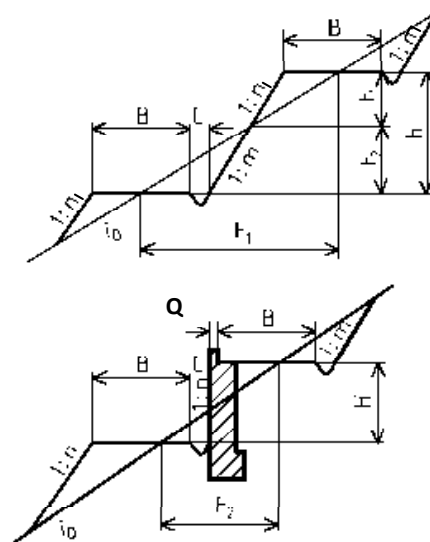


Рис. 3. Поперечный разрез полотна на серпантине в узком месте

Проектирование серпантины заключается в установлении значений отдельных ее элементов и в проверке возможности размещения на местности земельного полотна с откосами и водоотводными канавами.

Минимально необходимое расстояние между осями верхней и нижней ветви («шейка» серпантины) должно удовлетворять условию (см. рис. 3):

$$F_1 = \frac{H}{i_0} = B + C + nh_1 + mh_2 \quad (1)$$

или

$$F_2 = B + C + Hn + Q. \quad (2)$$

Расстояния  $F_1$  или  $F_2$  откладывают между осями прямых участков (см. рис. 2). Получают положение точек  $N$  и  $M$ . Затем приступают к расчету серпантины.

Расстояние между концом одной обратной кривой серпантины и началом другой обратной кривой нормируется и должно быть не менее 400 м для дорог II и III категорий, 300 м для дорог IV категории и 200 м для дорог V категории (СНиП 2.05.02-85\*. Автомобильные дороги / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986).

Анализ проектов горных дорог [2-6], разработанных институтами «Кыргыздортранспроект», «Таджикгипротрансстрой», а также данные натурных обследований, проведенных автором, показали, что подавляющее число обратных кривых на запроектированных и построенных серпантинах имеют радиусы 75–100–125 м.

На горных автомобильных дорогах, проложенных в Кыргызской республике и республике Таджикистан (в горах Тянь-Шаня, Памиро-Алая и Памира), серпантины в большинстве своём при-

менены только на высотах 2000–4000 м над уровнем моря. Серпантина является нежелательным элементом горной дороги, и поэтому ее устраивают в исключительных случаях весьма трудного для трассирования дороги рельефа местности. М.Л. Соколов [7] указывал, что применение серпантин при трассировании горных дорог крайне нежелательно, так как на кривых малых радиусов скорость автомобиля, пропускная способность и безопасность движения резко снижаются, повышается утомляемость водителя, да и само устройство серпантины осложняет и повышает стоимость строительства, а также ухудшает видимость в ночное время. С учетом этого проектировщики постоянно искали возможность применить альтернативное закругление, которое бы с успехом выполняло функции серпантины, было проще в исполнении и обладало бы более высокими транспортно-эксплуатационными качествами. Альтернативой серпантине была предложена «петля» (рис. 4). Возможность ее использования при трассировании автомобильных дорог в горной местности упоминалось еще в тридцатые годы прошлого столетия в трудах Л.А. Братцева [8]. Под «петлей» он понимал закругление большого радиуса, устраиваемое в широкой, развалистой долине и служащее для искусственного развития трассы. Однако использовать «петли» с большим радиусом закругления на крутых горных склонах не представляется возможным.

В институте «Кыргыздортранспроект» при разработке проектов горных дорог наряду с серпантинами начали использовать «петли», радиус которых не превышал радиус основной кривой серпантины (рис. 4). Конфигурация «петли» зависит исключительно от форм рельефа местности.

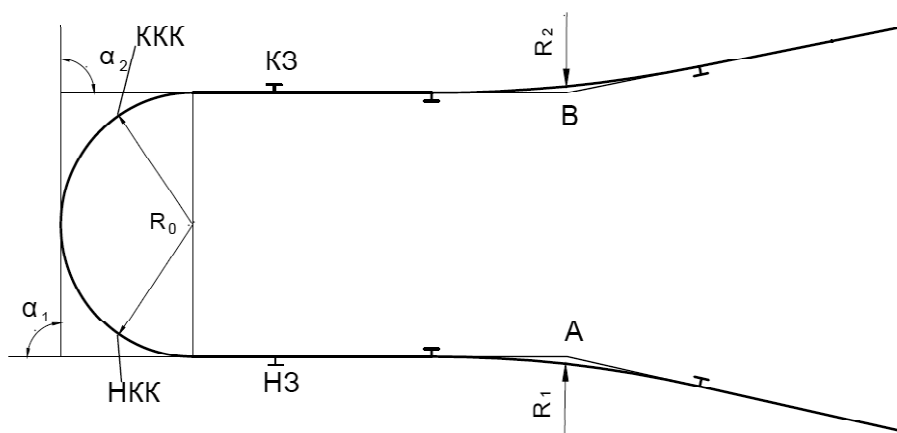


Рис. 4. Вариант петли:  
НЗ и КЗ – начало и конец закругления; НKK и КKK – начало и конец круговой кривой

В общем случае под «петлей» понимается закругление малых радиусов, состоящее из основной кривой без вспомогательных. Основная кривая может состоять из одной и более кривых. Располагается основная кривая с внутренней стороны переломов трассы. Наименьшее расстояние между противоположными направлениями трассы  $AB \geq 2R_0$  (см. рис. 4).

Серпантины и «петли» состоят из закруглений малых радиусов. Одно закругление включает в себя две переходные и урезанную круговую кривую. Переходные кривые (ПК) служат для плавного перехода автомобиля с прямолинейного участка на круговую кривую и устраиваются при радиусах кривых до 2000 м включительно на дорогах II-V категорий. Наличие ПК на закруглениях малых радиусов – *обязательно*.

Таким образом, серпантина (см. рис. 1) может состоять из трех урезанных круговых кривых и шести переходных; «петля» при равных углах поворота (см. рис. 4) – из одной урезанной круговой кривой и двух переходных.

#### Определение расчетной длины переходной кривой

Автомобильные дороги отнесены к объектам экологической опасности [9–11]. К источникам негативного воздействия на природную среду относят автомобильный транспорт, находящийся на дороге, и автомобильную дорогу как линейное сооружение, требующее отвода земель для своего размещения. От принятых при проектировании величин радиусов кривых в плане, продольных уклонов и длин ПК зависит количество вредных выбросов автомобилями в атмосферу, а также длина трассы на подходах к перевалу и степень вписывания её в рельеф. Из величин геометрических параметров горных дорог особое место занимают ПК, так как практически все закругления в горной местности не обходятся без них.

Обследованиями дорог [12–15] установлено, что на 1 км перевального участка приходится до 16–20 переломов трассы, в которые вписаны закругления. Расположить 16–20 закруглений на один км дороги, соблюдая требования нормативных документов к длине ПК, не представляется возможным. Длина круговой кривой тесно увязана геометрически с величиной угла поворота и радиусом, и уменьшить её длину невозможно. Следовательно, расположить до 20 кривых на 1 км трассы можно за счет сокращения длины ПК.

Длина ПК  $L$  зависит от скорости движения автомобиля  $V$ , км/ч, и радиуса кривой  $R$ , м. Определяется по формуле

$$L = \frac{V^3}{47RJ}, \quad (3)$$

где  $J$  – нарастание центробежного ускорения,  $m/c^3$ .

Наибольшую величину нарастания центробежного ускорения в Российской Федерации нормируют из условия комфортабельности и безопасности движения. Для дорог II-V категорий  $J=1,0 m/c^3$  [16].

ПК неразрывно связана с отгоном виража. Они устраиваются на одном и том же участке дороги. Отгон виража – это участок, на котором происходит переход от двухскатного профиля проезжей части к односкатному, и наоборот. Определяется из выражения

$$L_{omz} = \frac{B \cdot i_g}{i_{omz}}, \quad (4)$$

где  $B$  – ширина проезжей части, м;  $i_g$  – уклон виража;  $i_{omz}$  – дополнительный продольный уклон на участке отгона виража.

Наиболее распространенной категорией дорог на перевальных участках является IV. Для IV категории дороги  $B=6,0$  м;  $i_g=0,06$ ;  $i_{omz}$  – для горной местности принимается равным 20 ‰ (СНиП 2.05.02-85\*). Тогда

$$L_{omz} = \frac{6 \cdot 0,06}{0,02} = 18 \text{ м.}$$

Алгоритм обоснования длины ПК на серпантине рекомендуется следующий:

1. В зависимости от категории дороги по нормативам (СНиП 2.05.02-85\*) назначают радиусы основной и вспомогательной кривых серпантины  $R_0$  и  $R_1$ , длины ПК  $L_0$  и  $L_1$  и расчетные скорости движения  $V_0$  и  $V_1$ .

2. По формулам (3) и (4) определяют длины ПК  $L$  и отгонов виражей  $L_{omz}$  для основной и вспомогательной кривых серпантины.

3. При определении длины ПК для вспомогательных кривых следует учитывать, что их радиусы изменяются в пределах 75–125 м [14].

4. Серпантину следует рассматривать как единое целое. «Узким» местом её является основная кривая. Поэтому независимо от радиуса, скорости движения по вспомогательным кривым близки к скорости движения по основной кривой, а длина ПК вспомогательных кривых должна быть равна длине ПК основной кривой.

Таблица 1

Численные значения параметра  $\Delta I$ 

Положение перевалов. Экспозиция склонов	$\Delta I$ , ‰
Периферийные хребты. Инсоляционные склоны	6,5/13,5
Периферийные хребты. Теневые склоны	3,8/9,6
Внутренние хребты	4,6/8,9

Примечание. Слева от черты – среднестатистическая величина, справа – 95 % обеспеченности.

5. Длина ПК не должна быть меньше длины отгона виража.

Пример: Обосновать длины ПК для  $R_0=20$  м и  $R_1=100$  м:

– по СНиП 2.05.02-85\* (табл.14 и 11) – 25/50;  
– по формуле (3) для расчетных скоростей 20/50 – 9/27;

– длина отгона виража – 18/18.

Если кривые радиусами 20 и 100 м принадлежат одной серпантине, то за расчетное значение длины ПК следует принять 18/18 м.

#### Продольный профиль.

##### Проектная линия на серпантине

При движении автомобиля по кривым малых радиусов возрастают дорожные сопротивления, вызванные увеличением коэффициента сопротивления качению колеса по поверхности покрытия из-за бокового увода шин, движением автомобиля по «косому» уклону, а также дополнительным уклоном, возникающим за счет сокращения траектории движения автомобиля, двигающегося по внутренней полосе закругления на подъеме. Вопросам исследования величин дополнительных сопротивлений, возникающих на кривых малых радиусов, посвящены работы В.Ф. Бабкова, А.В. Макарова, М.С. Замахаева, Р.Г. Макаряна [17–20] и др.

Для компенсации возрастающих сопротивлений движению автомобилей существующие нормы (СНиП 2.05.02-85\*) рекомендуют снижать наибольшие продольные уклоны для радиусов до 50 м на величины, указанные в табл. 12, а в пределах серпантины принимать не более указанных в табл. 14.

Проектирование трассы на подходах к перевалу предельными продольными уклонами  $I_{np}$  и учет их снижения на кривых малых радиусов позволяет получить уменьшенный продольный уклон  $I_p$ , который называется «руководящим» [14, 21–23].

$$I_p = I_{np} - \Delta I, \quad (5)$$

где  $\Delta I$  – величина снижения предельного продольного уклона из-за увеличения дорожных сопротивлений на кривых малого радиуса.

Проведенная нами обработка проектов горных дорог, разработанных институтами «Кыргыздор-транспроект» и «Таджикгипротрансстрой», а также данных натурных обследований по величинам продольных уклонов, радиусам кривых в плане, углам поворота и их количества на 1 км трассы [6, 14, 24–26], позволила установить для дорог, расположенных на высоте 2000–4000 м над уровнем моря, численные значения параметра  $\Delta I$  с учетом положения горного хребта в системе горного массива и экспозиции склонов (табл. 1).

Величина уклона  $I_p$  определяет длину трассы и возможность её размещения на подходах к перевалу. Предлагается следующая последовательность нанесения проектной линии в пределах серпантины (рис. 5).

1. В зависимости от категории дороги по СНиП 2.05.02-85\* устанавливается предельная величина продольного уклона  $I_{np}$ , наибольший продольный уклон в пределах серпантины  $i_c$ , минимальные радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых  $R_0$ .

2. По выражению (5) с учетом данных табл. 1 определяют величину «руководящего» уклона  $I_p$ .

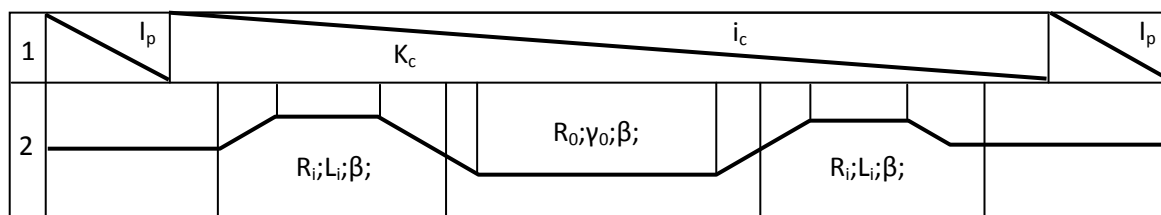


Рис. 5. Уклоны проектной линии на серпантине

3. Наносят проектную линию таким образом, чтобы в пределах полной длины серпантинной  $L_{\pi}$  уклон был равен  $i_c$ . Для выполнения этого условия необходимо переломы проектной линии с уклонами  $i_c$  и  $I_p$  расположить на расстоянии тангенса вертикальной кривой  $T$  от начала и конца серпантинной (см. рис. 5). Тогда

$$K_c = L_{\pi} + T_{в1} + T_{в2} \quad (6)$$

4. При известных уклонах  $i_c$  и  $I_p$  определяют величины тангенсов  $T_{в1}$  и  $T_{в2}$  вертикальных кривых по формуле

$$T_{в} = R_{в} (I_p - i_c) : 2 \quad (7)$$

5. На участках за пределами  $K_c$  (см. рис. 5) следует применять уклон  $I_p$ .

Для сравнения вариантов трасс на подходах к перевалу с серпантинными и «петлями» необходимо выполнить их расчет.

#### Расчет серпантинной и петли

Исходные данные для расчета серпантинной и петли: категория дороги IV; ширина земляного полотна  $B=10$  м; ширина придорожной канавы поверху  $C=1,75$  м; поперечный уклон местности  $i_0=0,3$ ; крутизна откосов  $m=1,5$ ; наибольший продольный уклон  $i_{\pi}=0,09$  (СНиП 2.05.02-85\*, табл. 10); наибольший продольный уклон в пределах серпантинной  $i_c=0,035$  (СНиП 2.05.02-85\*, табл. 14); величина снижения предельного уклона  $\Delta I=0,0089$  (см. табл. 1). Величина «руководящего» уклона  $I_p=0,09-0,0089=0,0811$ .

Основная кривая: острый угол серпантинной  $\alpha=24^{\circ}$ ; радиус кривой  $R_0=20$  м; длина ПК  $L_0=18$  м; сдвигка по тангенсу  $t_0=8,94$  м; сдвигка по радиусу  $r_0=0,68$  м; радиус кривой  $R_{\nu}$  с учетом сдвигки  $r_{\nu}$   $R'_0=20,68$  м; угол между касательными в начале и в конце ПК  $\delta_0=25^{\circ}47'$ .

Обратная (вспомогательная) кривая: радиус кривой  $R_1=100$  м; длина ПК  $L_1=18$  м; сдвигка по тангенсу  $t_1=8,99$  м; сдвигка по радиусу  $r_1=0,14$  м;  $R'_1 = R_1$  (величиной сдвигки  $r_1$  пренебрегаем);  $\delta_1=5^{\circ}09'$ .

#### Расчет серпантинной

Расчет серпантинной здесь проводится с целью определения её полной длины. Расчетом установлено:

- длина прямой вставки  $p$  (см. рис. 2)
- угол  $\beta$  (см. рис. 2)  $\beta=26^{\circ}56'$
- тангенс обратной кривой

$$T_1 = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = 100 \cdot 0,235 = 23,5 \text{ м}$$

•расстояние от вершины обратной кривой до начала основной круговой кривой

$$CM = AN = T_1 + p = 23,5 + 17,93 = 41,43 \text{ м}$$

•расстояние от вершины обратной кривой до центра основной круговой кривой

$$d = 46,47 \text{ м}$$

•центральный угол  $\gamma$  (см. рис. 2)

$$\gamma = 180^{\circ} + 2\beta - \alpha = 180^{\circ} + 2 \cdot 26^{\circ}56' - 24^{\circ} = 209^{\circ}52'$$

•центральный угол, соответствующий основной круговой кривой серпантинной,

$$\gamma_0 = \gamma - 2\delta_0 = 209^{\circ}52' - 51^{\circ}34' = 158^{\circ}18' = 158,3^{\circ}$$

•центральный угол, соответствующий обратной круговой кривой,

$$\beta_0 = \beta - 2\delta_1 = 26^{\circ}56' - 10^{\circ}18' = 16^{\circ}38' = 16,63^{\circ}$$

•длина основной круговой кривой

$$S_0 = \frac{\pi \cdot R'_0}{180} \cdot \gamma_0 = \frac{3,14 \cdot 20,68 \cdot 158,3}{180} = 57,11 \text{ м}$$

•длина обратной круговой кривой

$$K_1 = \frac{\pi \cdot \beta_0 \cdot R'_1}{180} \cdot \gamma_0 = \frac{3,14 \cdot 16,63 \cdot 100}{180} = 29,01 \text{ м}$$

•полная длина серпантинной

$$L_{\pi} = 2(L_1 + K_1 + L_0) + S_0 = 2(2 \cdot 18 + 29,01 + 18) + 57,11 = 223,13 \text{ м}$$

•количество серпантин на 1 км дороги

$$n = 1000 : (L_{\pi} + 300) = 1000 : 523,13 = 1,91,$$

где 300 – расстояние между концом одной и началом другой серпантинной.

После определения элементов серпантинной определяется возможность размещения её на горном склоне. Для этого рассчитывается расстояние  $Z$  (см. рис. 2):

$$Z = F + 2B = 2 \left[ d \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + R_1 \left( \sec \frac{\beta}{2} - 1 \right) \right] =$$

$$= 2[46,47 \cdot 0,2079 + 100(1,028 - 1)] = 24,92 \text{ м},$$

где  $B$  – биссектриса вспомогательной кривой.

Расстояние  $F_1$  определяется по формуле (1):

$$F_1 = H : i_0 = 6,16 : 0,3 = 20,53 \text{ м},$$

где  $H = (L_{\pi} - 2T_1) \cdot i_c = (223,13 - 2 \cdot 23,5) \cdot 0,035 = 6,16 \text{ м}$ .

Так как  $F_1 < Z$ , то серпантинная может быть размещена на горном склоне.

#### Нанесение проектной линии

При  $R_{в} = 600$  м для вертикальных выпуклых и вогнутых кривых (СНиП 2.05.02-85\*, табл. 10)  $2T_{в} = 600(0,0811 - 0,035) = 27,66$  м. Длина участка, на который распространяется уклон 0,035, составляет  $K_c = L_{\pi} + 2T_{в} = 223,13 + 27,66 = 250,79$ . Превышение между началом и концом участка  $K_c$  будет  $h_1 = 0,035 \cdot 250,79 = 8,78$  м.

Превышение на участке  $(300 - 2T_b) h_2 = (300 - 2T_b) \cdot I_p = (300 - 27,66) \cdot 0,0811 = 22,09$  м.

Полное превышение  $h_{\text{п}} = h_1 + h_2 = 8,78 + 22,09 = 30,87$  м.

Превышение на 1 км трассы с серпантинами  $30,87 \cdot 1,91 = 58,96$  м. Потеря высоты из-за устройства серпантин  $\Delta h = 0,0811 \cdot 1000 - 58,96 = 22,14$  м.

#### Расчет «петли»

Исходные данные – см. расчет серпантины и рис.4:  $\alpha_1 = 90^\circ$ ;  $\alpha_2 = 90^\circ$ .

Расчетом установлено: длина урезанной круговой кривой  $KK = 46,33$  м; полная длина кривой  $K_{\text{п}}$  от начала закругления (НЗ) до конца закругления (КЗ)

$K_{\text{п}} = KK + 2L_0 = 46,33 + 2 \cdot 18 = 82,33$  м. Длина участка, на который распространяется уклон  $0,035$  (по аналогии с серпантиной),  $K_c = K_{\text{п}} + 2T_b = 82,33 + 27,66 = 110$  м.

Количество «петель» на 1 км дороги  $n_1 = 1000 : (K_c + 300) = 1000 : 410 = 2,44$ .

Превышение между началом и концом участка  $K_c$   $h_1 = 0,035 \cdot 110 = 3,85$  м. Превышение на участке  $(300 - 2T_b) h_2 = (300 - 2T_b) \cdot I_p = (300 - 27,66) \cdot 0,0811 = 22,09$  м.

Полное превышение  $h_{\text{п}} = h_1 + h_2 = 3,85 + 22,09 = 25,94$  м. Превышение на 1 км дороги с «петлями»  $25,94 \cdot 2,44 = 63,29$ . Потеря высоты из-за устройства «петель»  $\Delta h = 0,0811 \cdot 1000 - 63,29 = 17,81$  м.

Расчет показал, что использование «петель» в данном случае позволяет на протяжении 1 км снизить потерю высоты на  $(22,14 - 17,81) = 4,33$  м или сократить длину трассы на  $4,33 : 0,0811 = 53,4$  м. Это очень важно в сложных рельефных условиях местности.

**Выводы.** 1. Длину переходной кривой на основной кривой рекомендуется назначать расчетом из условия обеспечения безопасной скорости движения, а обратной кривой – по скорости, обеспечиваемой основной кривой.

2. Проектировать трассу на подходах к перевалу следует ориентируясь не на предельный, а на «руководящий» уклон, который меньше предельного на величину снижения.

3. Определена величина снижения предельного продольного уклона на кривых малого радиуса в зависимости от расположения дорог в системе горного массива Средней Азии и экспозиции склонов.

4. Выполнено сравнение вариантов трасс с использованием серпантин и «петель». Установлено, что:

- использование «петель» позволяет уменьшить общую длину закругления, требующую смягчения продольного уклона; количество круговых и переходных кривых на закруглении; извилистость;

количество циклов перегрузки рессор и других узлов автомобиля; износ шин.

- снижается потеря высоты. Уменьшается длина трассы. Повышается возможность размещения её на горном склоне; упрощается разбивка с использованием геодезических приборов;

- из-за меньшего количества кривых повышается удобство проезда по дороге и безопасность движения, улучшаются условия работы водителя.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митин Н.А. Серпантины. М.: Транспорт, 1980. 214 с.
2. Дуюнов П.К. Что такое горная местность? // Современное состояние и инновации транспортного комплекса: Международная научно-техническая конференция, 17–18 апреля 2008 г. Т. 1. Пермь, 2008. С. 68–71.
3. Дуюнов П.К. Районирование перевальных участков горной местности по сложности природных условий // Проектирование автомобильных дорог / МАДИ. М., 1976. Вып. 127. С. 98–102.
4. Дуюнов П.К. Влияние экспозиции склонов и положения горного хребта в системе горного массива на коэффициент удлинения перевальной трассы // Республиканская научная конференция молодых ученых. Октябрь, молодежь, наука. Фрунзе, 1979. С. 163–168.
5. Дуюнов П.К. Повышение эффективности работы перевальных участков горных дорог // Повышение эффективности использования автомобильного транспорта и автомобильных дорог в условиях жаркого климата и высокогорных районов: Всесоюзная научно-техническая конференция. Ч. III. Ташкент, 1982. 229 с.
6. Дуюнов П.К. Районирование территории горного массива Средней Азии по сложности природных условий // Устойчивость горных склонов и откосов. Фрунзе: Илим, 1982. С. 130–138.
7. Соколов М.А., Трескинский С.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог в горной местности. М.: Автотрансиздат, 1961. 256 с.
8. Братцев Л.А. Горные дороги. М.–Л.: Государственное транспортное издательство, 1937. 272 с.
9. Дуюнов П.К. Трассирование автомобильных дорог и экология // Строительный вестник Российской инженерной академии. М., 2008. Вып. 9. С. 211–215.
10. Дуюнов П.К. Проектирование автомобильных дорог и экология // Вопросы инженерной геодезии в строительстве: Межвузовский сборник научных трудов. Самара, 2009. С. 34–45.
11. Бабков В.Ф. Ландшафтное проектирование автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1980. 190 с.
12. Лиханов В.А., Фортуна Ю.А. Особенности автомобильных дорог Киргизской ССР // Специальное строительство: сб. науч. тр./ Фрунзенский политех. ин-т. Фрунзе, 1974. Вып. 80. С. 3–13.
13. Дуюнов П.К. Проектирование перевальных участков горных дорог // Напряженно-деформирован-

ное состояние массивов пород в районах с горным рельефом. Фрунзе: Илим, 1987. С. 88-98.

14. *Дуюнов П.К.* Дороги в горной местности: монография / СГАСУ. Самара, 2015. 220 с.

15. *Дуюнов П.К.* Извилистость автомобильных дорог в горной местности // Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог: научно-техническая конференция. Пермь, 2002. С. 38-41.

16. Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника / под ред. Г.А. Федотова. М.: Транспорт, 1989. 437 с.

17. *Бабков В.Ф.* Дорожные условия и безопасность движения. М.: Транспорт, 1982. 288 с.

18. *Макарян Р.Г.* Смягчение продольных уклонов на кривых малого радиуса, расположенных на подъеме // Дорожные условия и безопасность движения: сб. науч. тр. / МАДИ. М., 1973. Вып.52. С. 63-80.

19. *Муртазин Б.С.* Обратные кривые на горных дорогах // Автомобильные дороги. 1969. №9. С. 25-27.

20. *Порожняков В.С.* Проектирование и строительство горных дорог // Итоги науки и техники. Серия «Автомобильные дороги». Т. 7. М., 1986. 146 с.

21. *Порожняков В.С., Дуюнов П.К., Ширинджанов З.М.* Пути повышения безопасности движения на горных дорогах // Пути повышения безопасности дорожного движения: V Всесоюзная научно-техническая конференция. Вильнюс, 1985. С. 114-116.

Об авторе:

**ДУЮНОВ Петр Кузьмич**

кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и геодезического сопровождения строительства Самарский государственный архитектурно-строительный университет  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. (846)339-14-61  
E-mail: adisk63@yandex.ru

22. *Дуюнов П.К.* О назначении продольных уклонов горных дорог // Труды Фрунзенского политехнического института (молодых ученых). Фрунзе, 1973. Вып. 63. С. 106-114.

23. *Дуюнов П.К.* Техничко-экономическое обоснование величины предельных продольных уклонов на перевальных участках горных дорог // Научно-технический прогресс в дорожном строительстве / Академия наук Киргизской ССР. Институт физики и механики горных пород. Фрунзе: Илим, 1984. С. 118-123.

24. *Дуюнов П.К.* Размещение трассы автомобильной дороги на горном склоне // Проблемы и перспективы развития евроазиатских транспортных систем: Международная научно-практическая конференция. Челябинск, 2009. С. 203-206.

25. *Дуюнов П.К.* Проектирование автомобильных дорог на крутых горных склонах // Вопросы инженерной геодезии в строительстве. Самара, 2011. С. 4-10.

26. Пути улучшения качества автомобильных дорог: сб. статей / под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова; СГАСУ. Самара, 2014. 233 с.

**DUYUNOV Petr**

PhD in Engineering Science, associate Professor of the Department of highways and geodetic support of construction Samara State University of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,  
tel. (846)339-14-61  
E-mail: adisk63@yandex.ru

Для цитирования: *Дуюнов П.К.* Проектирование трасс на подходах к перевалу // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. №1(22). С. 41-48. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.7.

For citation: *Duyunov P.K.* Design of roads on approaches to a mountain pass// Vestnik SGASU. Town Planning and Architecture. 2016. №1(22). Pp. 41-48. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.7.

\* \* \*

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

С ПОЛНЫМИ ТЕКСТАМИ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ  
«ВЕСТНИК СГАСУ. ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»,  
МОЖНО ОЗНАКОМИТЬСЯ НА САЙТЕ ЖУРНАЛА ([www:journal.samgasu.ru](http://www:journal.samgasu.ru))  
В РАЗДЕЛЕ ВЕСТНИК