

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ КРИВЫХ

О.Т.ШАТМАНОВ
E.mail. ksucta@elcat.kg

Кыймылдын коопсуздугунун талаптарына автожолдорду туура келтирүү нормативдик документтерди түзүүдөгү негизги маселелерден болуп эсептелинет. Бардык факторлорду эске алуу абдан татаал, ошондуктан курулуп жана ондолуп жаткан жолдордун элементтерин карап чыгууга негиз болууда.

Приведение элементов автомобильных дорог к требованиям по условиям безопасности движения является важной задачей при составлении нормативных документов. Однако учесть все факторы очень сложно, что дает основания полагать о необходимости рассмотрения детально элементов строящихся и реконструируемых дорог.

Reduction of elements of automobile ways to requirements for safety conditions of movement is an important task by drawing up normative documents. However to consider all factors very difficult that gives the main to believe about necessary of consideration in details elements of under construction and reconstructed roads.

Движение автомобилей по кривой должно обеспечивать безопасность водителя, автомобиля, груза, особенно на кривых малого радиуса. Согласно строительным нормам на кривых радиусом 1000 м и менее необходимо устройство уширения проезжей части для обеспечения безопасного разворота на кривой. Уширение производится за счет обочин, однако обочина не может быть меньше 1,5 м для дорог I-II технической категории и 1,0 м – для дорог остальных категорий.

Колеса автомобиля при движении по кривой описывают кривые разного радиуса, наибольшей радиус приходится на передние колеса, а наименьший на задние. Разница между радиусами тем больше, чем длиннее длина автопоезда. С учетом этого автомобиль на кривой занимает большую ширину проезжей части, чем в обычных условиях, и для обеспечения безопасного проезда кривой требуется уширение.

Величина уширения будет зависеть от многих факторов. Одним из них является обеспечение требуемой скорости движения на кривой. Расчетная скорость движения для дорог II категории для пересеченной местности должна быть не меньше 100 км/ч, а для горной – 60 км/ч, для дорог III технической категории, соответственно, 80 и 50 км/ч. В СНиП 2.05.02-85 указаны наименьшие величины уширения для различных радиусов кривых в зависимости от длины автомобиля.

Проезжую часть уширяют в соответствии с рекомендациями СНиП 2.05.02-85 на всех кривых радиусом меньше 1000 м. Величину необходимого уширения проезжей части кривых рассчитывают по формуле

$$l_y = \frac{l_a^2}{2R} + \frac{0,05V}{\sqrt{R}}, \quad (1)$$

где l_a – длина автомобиля, м; R – радиус кривой в плане, м; V – расчетная скорость движения для данной категории дороги, км/ч.

Существуют различные методы определения предельного значения уширения проезжей части. Например, в Германии определение величины уширения при двухполосном движении производится по формуле /3/

$$l_y = n(R_a - \sqrt{R_a - D^2}), \quad (2)$$

где D – расстояние между осями колес, R_a – радиус внешней круговой длины выступа спереди, м; l_y – уширение проезжей части, м; n – количество полос.

Требуемое уширение должно определяться специальным расчетом в случаях, когда в составе движения более 5-10 % автомобильных поездов. Наиболее точно величину уширения можно определить графически.

Рассмотрим некоторые случаи определения ускорения при различных длинах состава автопоездов. Схема проезда по кривой двух встречных автомобилей для определения величины уширения l_y показано на рис. 1.

Принимая допущение, что $l_{y1} = l_{y2}$, общее уширение равно

$$l_y = l_{y1} + l_{y2},$$

где

$$l_{y1} = R - \sqrt{R^2 - d_1^2}.$$

$$l_y = 2(R - \sqrt{R^2 - d_1^2}). \quad (3)$$

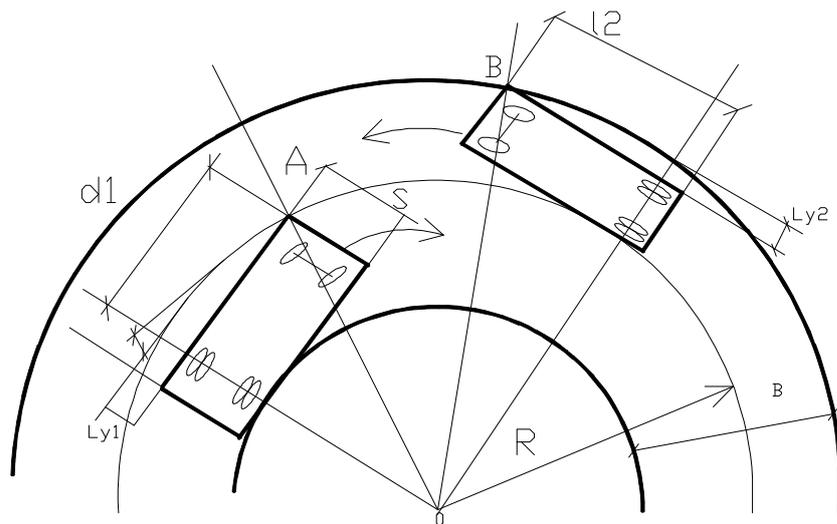


Рис 1. Расчетная схема для определения уширения в плане

Преобразуя, получим

$$R^2 - d_1^2 = R^2 - Rl + \frac{l^2}{4}.$$

$$d_1^2 = Rl - \frac{l^2}{4} d. \quad (4)$$

Учитывая малость значения $\frac{l^2}{4}$ по сравнению с радиусом R , имеем

$$l_y = \frac{d_1^2}{R}, \quad (5)$$

где d_1 – расстояние между задней осью и передним бампером; R – радиус кривой.

Определяя графически величину уширения, можно сказать, что формула (5) более подходит при радиусах более 30 м. В рассмотренном случае расположение габаритов автомобиля при движении относительно продольной оси автомобиля не меняется.

При расчете скорости 80 км/ч наименьший радиус кривой в плане должен быть для горной местности 250 м, при скорости 60 км/ч – 125 м, при скорости 50 км/ч – 100 м.

Расчет уширения проезжей части необходимо провести для автопоездов различной комплектации.

Рассмотрим случаи, когда кривую проходят тягачи разной конфигурации, цельных и сочлененных (рис. 2), с прицепами и без прицепов.

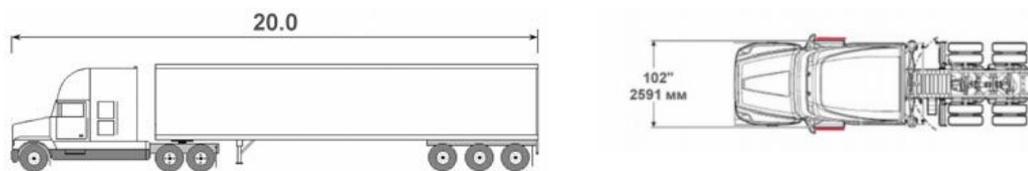


Рис. 2. Тягач сочлененный

Из графических изображений можно определить, что наибольшие величины уширения приходятся при проезде по кривой длинномеров и автопоездов.

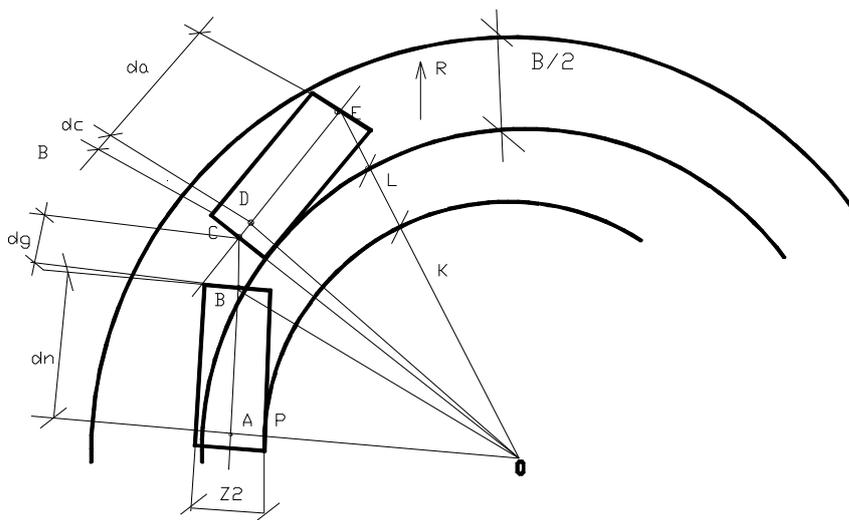


Рис. 3. Схема поворота тягача с прицепом

На рис. 3 показана схема поворота тягача на кривой малого радиуса с прицепом.

Рассмотрим треугольники OAB, OBC, OCD, ODE. Тогда

$$OE = R - \frac{Z_1}{2} \quad (6)$$

$$OD^2 = OC^2 - d_c^2$$

$$OC^2 = d_q^2 + OB^2$$

$$OB^2 = d_n^2 + OA^2$$

$$OD^2 = (R - \frac{Z_1}{2})^2 - d_a^2$$

$$OD^2 = R^2 - 2R \frac{Z_1}{2} + \frac{Z_1^2}{4}$$

$$R^2 - 2R \frac{Z_1}{2} + \frac{Z_1^2}{4} + d_c^2$$

$$OC^2 = R^2 - 2R \frac{Z_1}{2} + \frac{Z_1^2}{4} + d_c^2 \quad (7)$$

$$OB^2 = R^2 - 2R \frac{Z_1}{4} + \frac{Z_1^2}{4} + d_c^2 - d_g^2 \quad (8)$$

$$R^2 - 2R \frac{Z_1}{4} + \frac{Z_1^2}{4} + d_c^2 - d_g^2 = d_n^2 + OA^2 \quad (9)$$

$$OA^2 = R^2 - 2R \frac{Z_1}{4} + \frac{Z_1}{4} + d_c^2 - d_g^2 - d_n^2 \quad (10)$$

$$OK = \sqrt{R^2 - 2R \frac{Z_1}{4} + \frac{Z_1}{4} + d_c^2 - d_g^2 - d_n^2 - \frac{Z_2}{2}} \quad (11)$$

$$L = R - \frac{B}{2} - \sqrt{R^2 - 2R \frac{Z_1}{4} + \frac{Z_1}{4} + d_c^2 - d_g^2 - d_n^2 - \frac{Z_2}{2}} \quad (12)$$

где L – величина уширения для одного направления.

Для седельного тягача величину уширения определим по схеме рис. 4.

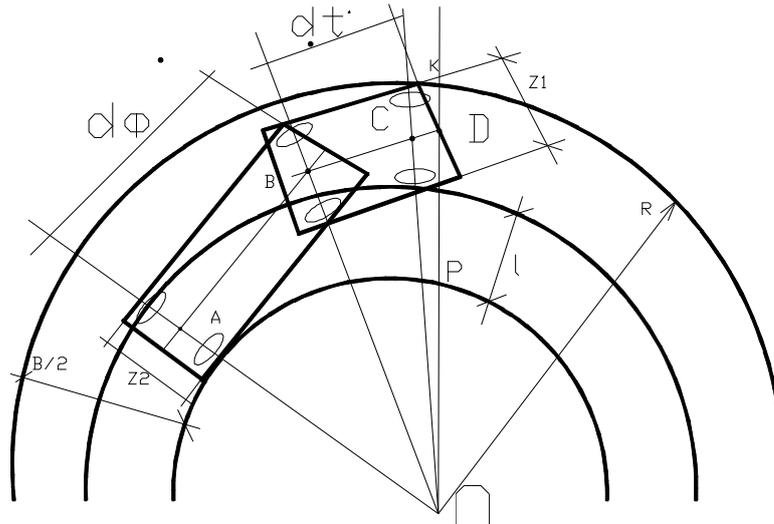


Рис. 4. Схема определения величины уширения для седельного тягача

Допуская, что расстояние КД равно половине ширины тягача, сравним треугольники OAB, BDO. Уширение для одной полосы L будет равно

$$L = R - |EO| - \frac{b}{2} \quad (13)$$

$$OB^2 = OD^2 - d_T^2 \quad OA^2 = OB^2 - d_{cp}^2 \quad (14)$$

$$OD = R - \frac{Z_1}{2} \quad (15)$$

$$OB^2 = R^2 - 2R \frac{Z_1}{2} + \frac{Z_1^2}{4} - d_T^2 \quad (16)$$

$$OA = \sqrt{R^2 - 2R \frac{Z_1}{2} + \frac{Z_1^2}{4} - d_T^2 - d_{cp}^2} \quad (17)$$

$$OE = OA - \frac{Z_2}{2} \quad (18)$$

$$L = R - \sqrt{R^2 - 2R \frac{Z_1}{2} + \frac{Z_1^2}{4} - d_T^2 - d_{cp}^2} - \frac{Z_2}{2} - \frac{b}{2} \quad (19)$$

При прохождении кривой по условиям безопасности движения должна быть обеспечена достаточная видимость проезжей части. Расстояние видимости по условию остановки автомобиля определяется по формуле

$$S = S_1 + S_2, \quad (20)$$

где S – расстояние видимости для остановки, м; S_1 – путь, пройденный автомобилем за время реакции водителя на приведение в действие тормозной системы, м; S_2 – тормозной путь, м.

Минимальное расстояние видимости покрытия проезжей части по условию остановки должно быть не менее значений, определяемых в зависимости от расчетной скорости и продольного уклона, по формуле:

$$S = \frac{t_p V}{3,6} + \frac{K V^2}{254(\varphi \pm i)}, \quad (21)$$

где S – расчетное расстояние видимости покрытия проезжей части; V_p – расчетная скорость движения, км/ч; K – коэффициент, учитывающий эксплуатационное состояние автомобиля, не менее 1,4; φ – коэффициент продольного сцепления, принимаемый равным 0,3; i – продольный уклон в % (усредненные значения продольных уклонов, которые определяются по отдельным участкам); t_p – расчетное время реакции водителя в с, принимаемое в 2,5 с для дорог I категории и 2,0 с для дорог II категории.

Минимальное расстояние видимости по условию остановки должно обеспечивать видимость любых предметов, имеющих высоту 0,2 м и более, находящихся на середине полосы движения, с высоты глаз водителя автомобиля 1,2 м от поверхности проезжей части.

В качестве продольного уклона следует принимать усредненные значения продольных уклонов, которые определяются по отдельным участкам проектируемой автомобильной дороги.

На участках проектируемых автомобильных дорог с малыми радиусами горизонтальных кривых должно быть обеспечено минимальное расстояние видимости для остановки.

Объекты, расположенные на внутренней части горизонтальной кривой автомобильных дорог (барьерное ограждение, строения, лесные насаждения, шумозащитные и противоослепляющие экраны, откосы выемок, скалы и т.п.), не должны создавать препятствий для обеспечения минимального расстояния видимости покрытия проезжей части по условиям остановки на проектируемой автомобильной дороге и должны располагаться за пределами линии взгляда минимального расстояния видимости покрытия проезжей части (рис. 5).

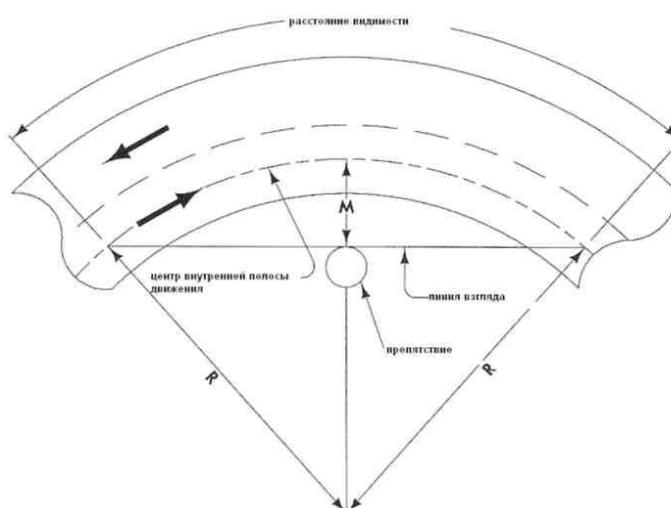


Рис. 5. Линия взгляда для определения минимального расстояния видимости покрытия проезжей части на горизонтальных кривых двухполосных дорог

Для выполнения этого условия расстояние от оси внутренней, по отношению к кривой, полосы движения до линии взгляда (M), при минимальном расстоянии видимости по условию остановки должно быть не менее значений, определяемых по формуле /4/:

$$M = R \left(1 - \cos \frac{28.65S}{R} \right),$$

(22)

где M – расстояние от оси внутренней полосы движения до линии взгляда в метрах; S – расстояние видимости для остановки; R – радиус оси внутренней полосы движения горизонтальной кривой по оси ближайшей к центру внутренней кривой полосы движения, в метрах.

Для двухполосных автомобильных дорог линию взгляда допускается определять до оси внутренней полосы движения.

На многополосных дорогах, при совмещении кривой малого радиуса с выпуклой кривой в продольном профиле, барьерное ограждение на центральной разделительной полосе, кустарники и изгороди для предотвращения ослепления, шумозащитные стенки и другие предметы и сооружения, размещаемые на разделительной полосе малого радиуса, при совмещении левосторонней кривой малого радиуса с выпуклой кривой в продольном профиле, не должны уменьшать минимального расстояния видимости (рис. 6).

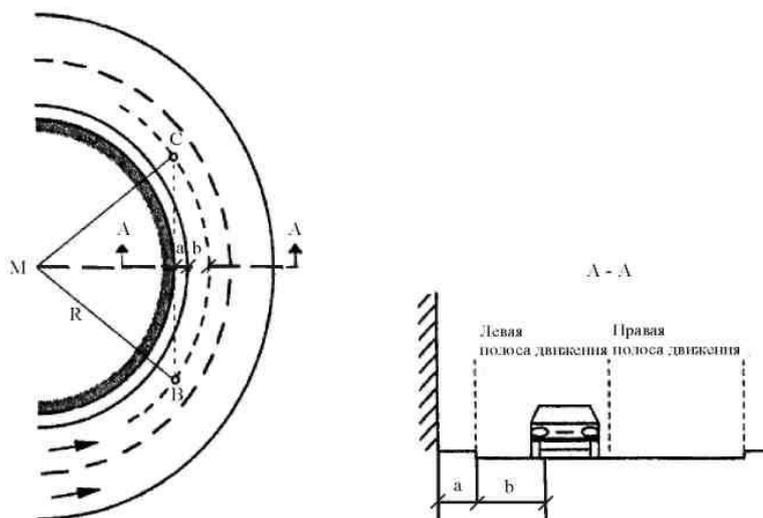


Рис. 6. Геометрическая модель для определения расстояний видимости на отдельных проезжих частях на левый поворот оси дороги (кривых с левым углом поворота): B – положение глаз водителя; C – предполагаемое препятствие на проезжей части; R – радиус круговой кривой; b – расстояние от положения глаз водителя или от предполагаемого препятствия до левой кромки проезжей части ($b = 1,8 \text{ м} = \text{константа}$); a – расстояние от кромки проезжей части до препятствия (включая укрепленную полосу)

На повороте при постоянном угле поворота управляемых колес (установившийся поворот) радиус поворота двухосного автомобиля при малой разности углов увода шин передней и задней осей можно определить по соотношению $R=L/\text{tg}\alpha$, где L – база автомобиля; α – средний угол поворота управляемых колес.

Этот радиус при малой скорости движения, когда малы центробежные силы и можно пренебречь величиной и разностью углов бокового увода шин передних и задних колес, соответствует радиусу траектории центра задней оси координаты этого центра по длине траектории, соответствуют произведению радиуса R на угол поворота продольной оси y , а координата Y (поперек проезжей части дороги) определяется по выражению $Y = (R \cdot y^2) / 2$.

Определить возможность проезда транспортных средств в узкий проезд или без выезда при повороте на сторону встречного движения можно графическим построением на масштабной схеме ДТП.

Внутренний радиус (минимальный радиус) полосы получается меньше R на половину ширины B автомобиля.

Ширина полосы поворота $R_{\max}-R_{\min}$ возрастает с увеличением угла поворота управляемых колес и базы автомобиля.

Ширина полосы поворота (коридор движения) для автопоездов получается больше, чем для одиночного автомобиля. Она зависит от конкретных геометрических параметров автопоездов. При таком построении методом припасовывания можно учесть и изменение угла поворота управляемых колес водителем в процессе выполнения поворотов на перекрестках и разворота габаритных автопоездов.

Конфликты часто возникают на правом повороте автопоезда, когда с правой стороны его оставляется определенная ширина проезжей части, чтобы исключить наезд на бордюр задним колесом прицепа (полуприцепа). Зимой зачастую все покрывается снегом, и смещением на обочину “расширяют” проезжую часть с увеличением радиуса. В это “расширение” и стремятся проехать спешащие водители легковых автомобилей. И они попадают в “слепую зону”, их в правое наружное зеркало заднего вида водитель тягача не может обнаружить. В процессе поворота происходит касательное столкновение, которое водитель автопоезда может не почувствовать и продолжить движение, пока кто-нибудь его не остановит. За это время осколки могут быть преднамеренно смещены от края проезжей части, и создается версия о сложном движении автопоезда сначала влево, а затем неожиданно вправо без включения сигналов поворота для обвинения водителя автопоезда в нарушении пп. 8.1, 8.5, 8.6 ПДД о сигналах маневра, его безопасности, о повороте не из крайнего правого положения и его движении не у края проезжей части.

При левом повороте на дорогу с малой шириной проезжей части дороги и подходящей с левой стороны под углом, меньшим 90° , габаритный автопоезд не может в принципе выполнить левый поворот без выезда на сторону встречного движения по требованию п.8.6 ПДД. А подходящие с левой стороны транспорта часто останавливаются непосредственно у линии пересечения проезжих частей. Происходит столкновение либо со стоящим транспортом, либо с транспортом, подкатывающимся к этой линии. В последнем же случае возникает конфликт из-за невыполнения водителем поворачивающего транспорта требований п.8.6 ПДД, а водитель подходящего слева транспорта должен был выполнить пп. 13.8 и 13.11 ПДД – уступить дорогу поворачивающему транспорту своевременным торможением.

Конфликт из-за расширения полосы движения может возникать на криволинейных участках дорог при выполнении опережения или обгона автопоездов. Построением масштабной схемы можно выявить ошибку водителя опережающего или обгоняющего транспорта по выполнению им требований п.9.10 ПДД о безопасном боковом интервале.

Безопасность проезда кривых малого радиуса является многофакторной величиной. Поэтому при проезде длинномерных автопоездов в горных районах необходимо совместно рассматривать условия движения, величину уширения, элементы дороги для каждого случая по отдельности.

Список литературы

1. СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги.
2. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения [Текст]. – М.: Транспорт, 1982. – 280 с.
3. Андреев А. Эксплуатация АТС в горных условиях. – М.: Транспорт, 1987. – 367 с.

3. ВСН 01-82. Инструкция по проектированию лесозаготовительных предприятий.
– Л.: Гипролестранс, 1983. – 186 с.
4. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. – М.: РосдорНИИ,
2001.