

Обоснование ширины и количества полос движения на кольцевых пересечениях автомобильных дорог

Елугачев П.А., к.т.н., директор ООО «Индор-Мост» (г. Томск),
Катасонов М.А., старший преподаватель ГУ ВПО КузГТУ,
зам. директора ООО «Индор-Кузбасс» (г. Кемерово),
Елугачёв М.А., нач. отдела проектирования дорог ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

В статье рассматриваются вопросы, связанные с определением ширины габаритной полосы движения с учётом современного транспортного состава движения, и предлагается использовать полученные зависимости габаритной полосы движения от радиуса центрального островка для расчёта ширины кольцевой проезжей части и назначения количества полос движения.

Одними из наиболее опасных участков автомобильных дорог является пересечение автомобильных дорог в одном уровне, где происходит большинство дорожно-транспортных происшествий, наблюдается снижение скорости движения автомобилей и значительно уменьшается пропускная способность.

Как показывает анализ различных литературных источников [1] и опыт европейских стран [5], существенное повышение безопасности дорожного движения и снижение тяжести последствий ДТП за рубежом, а также повышение пропускной способности пересечений достигнуто, в определённой степени, благодаря активному внедрению кольцевых пересечений на дорогах и улицах населённых пунктов.

Кольцевые пересечения обладают более высокими транспортно-эксплуатационными и потребительскими свойствами в отличие от простых пересечений. Целесообразность применения кольцевых пересечений определяется согласно п. 1.3.5 «Методических рекомендаций по проектированию кольцевых пересечений» [1].

В проектировании кольцевых пересечений, как и автомобильных дорог в целом, используется понятие «расчётный автомобиль» — условная транспортная единица, которая в соответствии с СП 34.13330.2012 «Актуализированная версия СНиП 2.05.02-85*» п. 4.3 [2] измеряется в приведённых ед./сут. Традиционно при проектировании автомобильных дорог за расчётный автомобиль принимается легковой, что в свою очередь

является неправильным решением, поскольку геометрические параметры автомобильных дорог и транспортных средств тесно связаны между собой. Параметры «расчётного автомобиля» применяются при решении основных задач:

- определение геометрических характеристик автомобильной дороги;
- оценка проектных решений;
- расчёт геометрических и конструктивных элементов дороги.

С целью установления современных характеристик такого расчётного автомобиля на кольцевых пересечениях автомобильных дорог Кемеровской и Томской областей компаниями ООО «Индор-Мост» и ООО «Индор-Кузбасс» в 2012 г. были проведены наблюдения с использованием мобильной системы IndorTraffic, состоящей из мачты высотой 12 м (рис. 1), видеокамер (рис. 2), дистанционного сервопривода и программы обработки видеoinформации. На рис. 3 показано рабочее состояние оборудования IndorTraffic. С помощью данной системы оценивались параметры движения автопоездов, их скорость при движении на подходах к кольцу и на кольце, их интенсивность и траектории движения.

Результаты наблюдений показали, что количество грузового транспорта в среднем составляет 35% от общего числа транспортных средств, из них 27% — автопоезда с грузоподъёмностью свыше 8 т, длина которых более 24 м. На основе проведённых натурных наблюдений получены



Рис. 1. Мачта наблюдательная в составе системы IndorTraffic высотой 12 метров



Рис. 2. Настройка системы видеofиксации IndorTraffic



Рис. 3. Рабочее положение системы видеofиксации IndorTraffic

значения интенсивности, скорости движения, габариты транспортных средств, которые превышают расчётные значения. В п. 4.7 СП 34.13330.2012 «Актуализированная версия СНиП 2.05.02-85*» [2], говорится, что «Автомобильные дороги общего пользования предназначены для пропуска автотранспортных средств габаритами: по длине одиночных автомобилей — до 12 м и автопоездов — до 20 м». Таким образом, на основе наблюдений за интенсивностью движения установлено, что применение «расчётного автомобиля» с характеристиками по СП 34.13330.2012 [2] не соответствует современным условиям транспортной работы кольца.

Исходя из проведённых исследований, актуальным становится вопрос о совершенствовании методов определения геометрических параметров кольцевых пересечений в зависимости от вида расчётного автомобиля, где под расчётным автомобилем понимается автопоезд, занимающий больше места на кольце и требующий большего габарита для безопасного движения.

Для определения ширины проезжей части кольцевого пересечения воспользуемся основными оценочными показателями манёвренности автопоездов:

- максимальный габаритный радиус поворота;
- минимальный габаритный радиус поворота;
- габаритная полоса движения.

Под габаритной полосой движения автопоезда понимается площадь дорожного полотна, ограниченная проекциями траекторий наружной и внутренней габаритных точек транспортного средства по отношению к мгновенному центру кривизны. Наружной габаритной точкой является

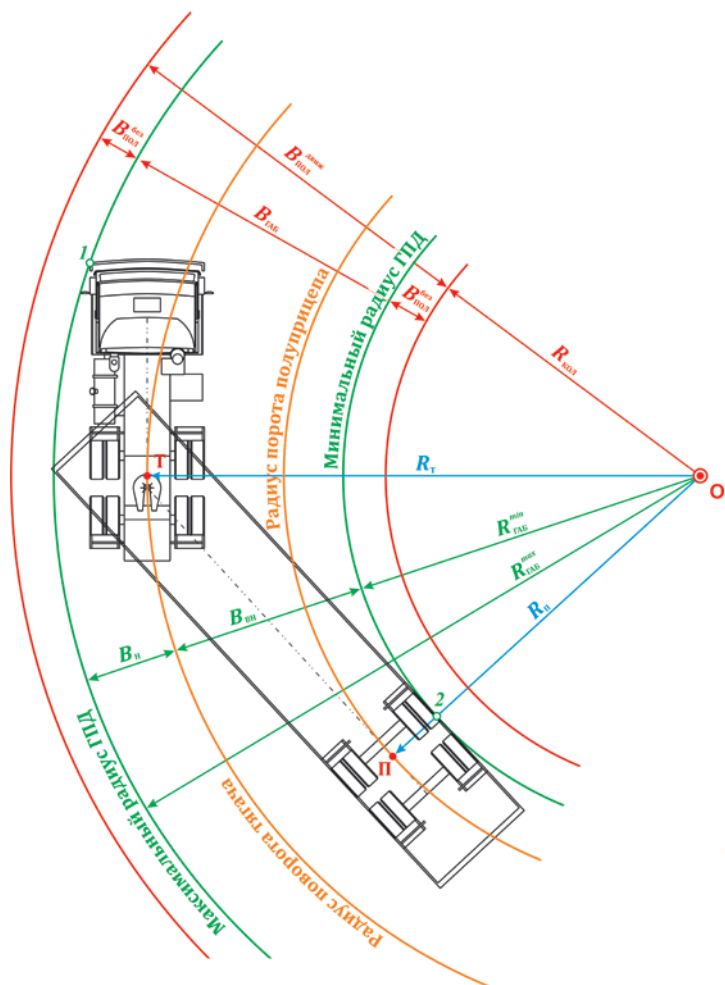


Рис.4. Расчётная схема кругового движения автомобиля-тягача

переднее крыло тягача, внутренней — проекция ребра заднего борта прицепа. Габаритная полоса движения не нормируется в нашей стране.

Для определения габаритной полосы движения автопоезда можно использовать общеизвестные аналитические зависимости [3].

Все оценочные показатели манёвренности носят частный характер и могут быть использованы только для сравнения и качественной оценки рассматриваемых автопоездов по этому эксплуатационному свойству.

Сделаем ряд предположений, что:

- при равномерном круговом движении автопоездов скорость движения тягового автомобиля и радиус поворота постоянны (рис. 1);
- рассматривается плоская модель автопоезда, где не учитывается влияние крена, а также зазоров и трения в седельно-сцепном устройстве на траекторию движения;
- звенья расчётной схемы считаются жёсткими с сосредоточенными массами в серединах мостов.

На основе этих предположений габаритную полосу движения можно определить, как разность радиусов поворота наружной и внутренней точек ($R_{габ}^{max}$ и $R_{габ}^{min}$) (рис. 4).

$$B_{габ} = R_{габ}^{max} - R_{габ}^{min}$$

где

$R_{габ}^{max}$ — максимальный габаритный радиус поворота;

$R_{габ}^{min}$ — минимальный габаритный радиус поворота.

Для определения радиусов поворота тягача и полуприцепа воспользуемся аналитическими формулами полученными Литвиновым А.С. и Фабориным Я.Е. для определения радиусов движения точек сцепки и полуприцепа [4]:

$$R_{оп} = \sqrt{(R_T^2 + (C_T - 0,5l)^2)}$$

$$R_{п} = \sqrt{(R_{оп}^2 - (L_5 - C_{п})^2)}$$

где

$R_{оп}$ — радиус поворота точки сцепки тягача и полуприцепа;

R_T — радиус поворота тягача;

C_T — смещение центра поворота относительно заднего моста тягача (принимается прицепного автопоезда до 2,0 метров, для седельного автопоезда $C_T = 0$).

l — расстояние между задними мотами тягача;

L_5 — расстояние от точки сцепки до заднего моста полуприцепа;

$C_{п}$ — смещение центра поворота относительно заднего моста полуприцепа (принимается равным для седельного автопоезда $C_{п} = 0$ или $C_{п} = 0,5l_{п}$).

Преобразовав формулы, получим выражение для определения радиуса движения тягача:

$$R_T = \sqrt{(R_{п}^2 + (L_5 - C_{п})^2 - (C_T - 0,5l)^2)}$$

Из схемы движения седельного автопоезда по кольцевому пересечению видно, что:

$$R_{п} = R_{кол} + \frac{B_{п}}{2} + B_{пол}^{без}$$

где

$R_{кол}$ — радиус кольцевого пересечения;

$B_{п}$ — ширина полуприцепа;

$B_{пол}^{без}$ — ширина полосы движения (для расчёта принимается равной 0,5 м).

Решая совместно два выражения для определения R_T и $R_{п}$, находим зависимости R_T и $R_{п}$ от $R_{кол}$. Радиус кольцевого пересечения ($R_{кол}$) принимаем равным в диапазоне от 10 до 50 м.

После, подставляя значения R_T и $R_{п}$ в формулы для определения $R_{габ}^{min}$ и $R_{габ}^{max}$, определяем $B_{габ}$ и $B_{пол}^{движ}$.

$$R_{габ}^{min} = R_{п} - \frac{B_{п}}{2}$$

Преобразовав формулу, получим:

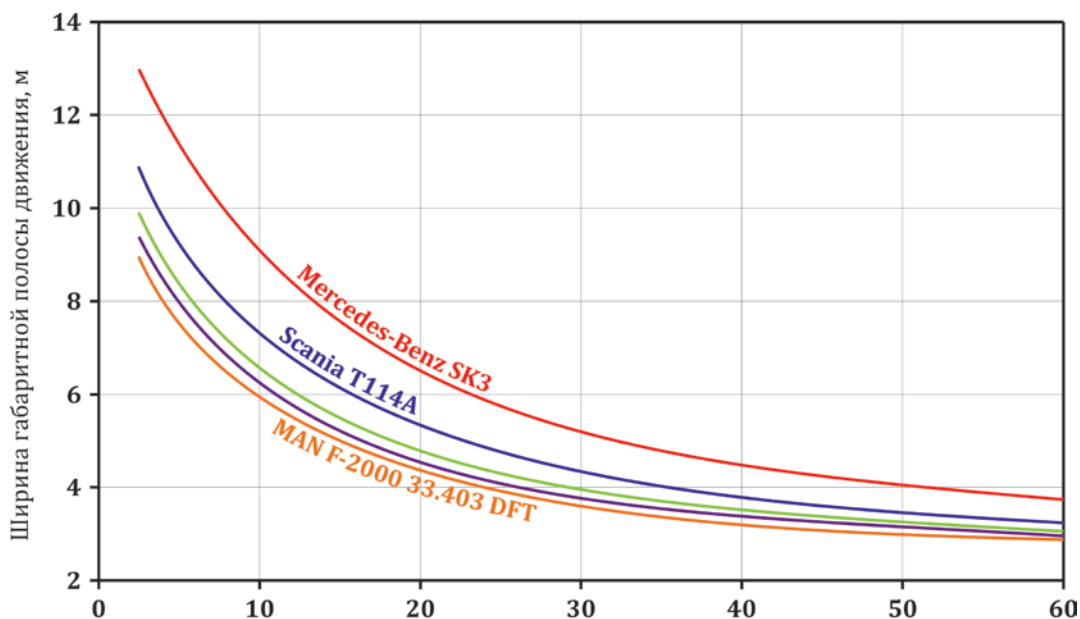


Рис. 5. График зависимости радиуса центрального островка и автомобиля для назначения ширины габаритной полосы

$$R_{\text{габ}}^{\min} = R_{\text{кол}} + B_{\text{пол}}^{\text{без}}$$

$$R_{\text{габ}}^{\max} = \sqrt{\left(R_T + \frac{B_T}{2}\right)^2 + (L + I_0 - C_T)^2}$$

$$B_{\text{габ}} = R_{\text{габ}}^{\max} - R_{\text{габ}}^{\min}$$

Преобразовав выражения, получаем формулу для определения габаритной полосы движения в зависимости от радиуса центрального островка кольцевого пересечения:

$$B_{\text{габ}} = \sqrt{(A + B_{\text{п}} \sqrt{A + 0,25B_{\text{п}}^2 + (L_1 + L_0)^2}) - R_{\text{кол}} - B_{\text{пол}}^{\text{без}}}$$

где:

$$A = (R_{\text{кол}} + \frac{B_{\text{п}}}{2})^2 + L_5^2 - 0,25L^2$$

Подставив ряд значений радиуса центрального островка и технических параметров автомобиля

в формулу, получим значения ширины габаритных полос движения для разного вида автопоездов (таблица 1), на основе которой построен график (рис. 5).

Из графика на рис. 5 видно, что ширина габаритной полосы движения ТС зависит от радиуса центрального островка кольцевого пересечения. При снижении радиуса центрального островка, меньше 30 м, значительно возрастает ширина габаритной полосы движения ТС, за счёт чего увеличивается площадь, а как следствие — растут объёмы и стоимость дорожных работ.

Для назначения количества полос на кольце не сложно предположить, что общая ширина будет получаться из сложения габаритных полос движения. Однако из проведённых наблюдений и исследований в Томской области кольцевых пересечений вероятность выезда и движения параллельно друг другу на кольцевой проезжей

Таблица 1.
Габаритные полосы движения по видам автопоездов

Радиус центрального островка, м	Ширина габаритной полосы движения, м				
	Mercedes-Benz SK3	MAN F 2000 33.403DFT	Scania T1146A	Volvo-FH12	КАМАЗ 54115
10	8,94	5,88	6,28	6,55	6,16
15	7,43	4,92	5,04	5,45	5,14
20	6,41	4,32	4,24	4,76	4,5
30	5,19	3,65	3,31	3,96	3,77
35	4,80	3,44	3,02	3,71	3,55
40	4,49	3,27	2,79	3,52	3,37
45	4,25	3,15	2,61	3,37	3,24
50	4,05	3,04	2,46	3,24	3,12

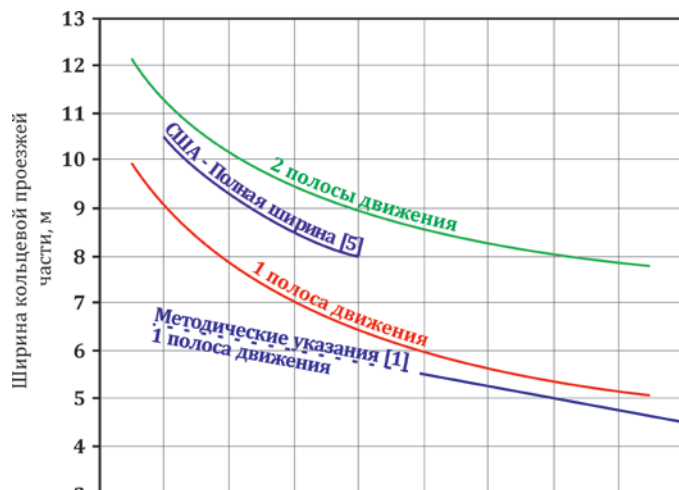


Рис. 6. График зависимости ширины кольцевой проезжей части от радиуса центрального островка

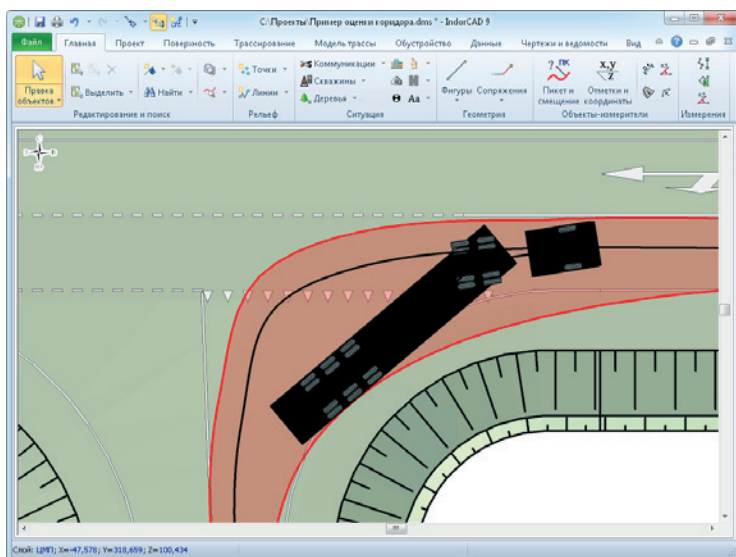


Рис. 7. Модуль расчёта коридоров движения транспортных средств в САПР автодорог IndorCAD/Road 9

части двух автопоездов равна 2%, а трёх автопоездов — 0,01%.

Отсюда следует, что рассчитывать количество полос необходимо из условий движения обычных трёхосных грузовых транспортных средств или пассажирского транспорта (автобусов). Исходя из этого, мы можем рассчитать ширину проезжей части кольцевого пересечения и количество полос движения по уже известным нам формулам для трёхосных грузовых ТС или автобусов (в зависимости от того, что является более неблагоприятным).

Таким образом, получается, что рассчитав значения габаритной полосы движения для двух типов транспортных средств и сравнив их, мы можем назначить общую ширину кольцевой проезжей части и количество полос движения.

В этом случае должны выполняться следующие условия:

— для двухполосного движения:

$$V_{\text{ПЧ}} = 2 (B_{\text{ГАЗ}}^{\text{АВТ}} + C)$$

— для однополосного движения:

$$V_{\text{ПЧ}} = B_{\text{ГАЗ}}^{\text{ГРУЗ}} + 2C$$

где

C — зазор безопасности.

Зависимость радиуса центрального островка от ширины кольцевой проезжей части представлена на графике (рис. 6) при однополосном и двухполосном движениях.

Таким образом, проведённые исследования кольцевых пересечений показали несовершенство применяемых расчётных данных при проектировании. Эмпирически установлена зависимость радиуса центрального островка и ширины кольцевой проезжей части. Данная зависимость проверена при моделировании траекторий движения ТС с использованием программы IndorCAD/Road 9 (модуль расчёта коридоров движения транспортных средств) и предлагается к использованию при проектировании кольцевых пересечений на автомобильных дорогах общего пользования.

Моделирование проводилось на кольцевых пересечениях автомобильных дорог Кемеровской и Томской областей. Результаты моделирования показали, что в 98% случаев кольцевые пересечения имеют недостаточную ширину габаритной полосы движения, что в свою очередь влияет на безопасность движения. ■

Литература:

1. Методические указания по проектированию кольцевых пересечений автомобильных дорог /Минавтодор РСФСР. М., Транспорт, 1979. 104 с.
2. СП 34.13330.2012 «Актуализированная версия СНиП 2.05.02-85*»
3. Закин, Я.Х. Манёвренность автомобиля и автопоезда [Текст] / Я. Х. Закин // М.: Транспорт, 1986. 136 с.
4. Литвинов, Ф.С., Фаробин, Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств [Текст] / Ф. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин // Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». М.: Машиностроение, 1989. 240 с.
5. Roundabouts: An Informational Guide // Federal Highway Administration. Publication No FHWA-RD-00-67. June 2000, 277 p.