

# ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ И РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ КОРИДОРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В INDORCAD/ROAD

## 1. Актуальность проблемы

В проектировании автомобильных дорог для приведения всего многообразия транспортных средств (ТС) к одному типу используется понятие «расчетный автомобиль» – условная транспортная единица, параметры которой применяются при решении основных задач:

- определения геометрических характеристик дороги;
- оценки проектных решений;
- расчета геометрических и конструктивных элементов дороги.

Учет требований, основанных на законе движения автомобиля, является основополагающим для безопасного и удобного движения по автомобильным дорогам. Однако в настоящее время сложилась практика проектирования дорог, зачастую основанная не столько на объективных критериях удобства и безопасности движения, сколько на субъективных соображениях эстетической и экономической целесообразности. Например, назначение типа закруглений на пересечениях и примыканиях, когда в качестве основного типа закругления применяют дугу окружности без устройства переход-

ных кривых. Хотя известно, что при движении по закруглению разные колеса автомобиля подчиняются разным законам и не могут описывать кривую постоянного радиуса. Следовательно, область, которую перекрывает автомобиль при своем движении, в целом имеет достаточно сложный вид.

В теории движения автомобилей область проезжей части, необходимая для безопасного движения ТС с заданной скоростью, получила название динамический коридор (А.И. Гришкевич. Автомобили: Теория/ Учебник для вузов. – Мн.: Вышэйш. шк., 1986. – 208 с.).

Динамический коридор состоит из области дороги, над которой проходит автомобиль, и некоторого зазора безопасности в поперечном направлении от автомобиля.

При проектировании автомобильных дорог расчет динамического коридора является наиболее сложным. Реальный динамический коридор автомобиля имеет переменную ширину на различных участках автомобильных дорог. Существующая отечественная и

зарубежная нормативная база в большинстве случаев предлагает в проектах отталкиваться от коридоров фиксированной ширины, что необоснованно приводит к удорожанию строительства.

Также может быть предложен набор решений типовых примыканий, пересечений, развязок, парковок. Каких-либо методических указаний о способе расчета динамических коридоров для нестандартных проектируемых объектов, к сожалению, нам не известно.

Целью настоящей работы является разработка инструментов для расчета динамического коридора автомобилей в составе САПР автомобильных дорог IndorCAD/Road, а также его апробация на реальных проектах.

## 2. Современное состояние дел

Основным действующим нормативным документом по проектированию автомобильных дорог на территории Российской Федерации является СНиП 2.05.02-85\*, согласно, которого по автомобильным дорогам общего пользования должны осуществляться движения

Тип транспортного средства	Код	Габаритные размеры (длина x ширина), м	Кол-во осей (тягач + прицеп)	Расстояние между крайними осями, м	Минимальный радиус поворота внутреннего заднего колеса, м
Пассажирские транспортные средства:					
Легковой	P	6 x 2,1	2	3,4	4
Микроавтобус	SU	9 x 2,6	2	6,1	9
Автобус	BUS	12,2 x 2,6	2	7,6	7
Сочлененный автобус	A-BUS	18,3 x 2,6	3	12,8	4
Автопоезда:					
Малый полуприцеп	WB-40	15,2 x 2,6	4 (2+2)	12,2	6
Большой полуприцеп	WB-50	16,8 x 2,6	5 (3+2)	15,2	6
Платформа	WB-60	19,8 x 2,6	5 (3+2)	18,3	7
Международный полуприцеп	WB-67	22,6 x 2,6	5 (3+2)	20,4	0
Тройной полуприцеп	WB-96	31,1 x 2,6	7 (3+4)	29,3	6
Магистральный двойной полуприцеп	WB-114	36 x 2,6	9 (3+6)	34,7	5

Табл. 1.

Расчетный автомобиль	Полная длина автомобиля, м	Внешний радиус поворота, м
Легковой	4,74	5,8
Грузовой двухосный	6,89	7,4
Грузовой трехосный	10,10	10,0
Автопоезда	18,71	10,3
Автобусы	12,00	10,5
Мусоровоз двухосный	9,03	9,4
Мусоровоз трехосный	9,90	10,2
Мусоровоз трехосный с регулируемой осью	9,95	8,6

Табл. 2.

Тип расчетного автомобиля	РФ	США	Германия
Легковой	4,7	6,0	4,74
Грузовой	7,4	15,2	10,1
Автопоезд	18,0	36,0	18,7
Автобус	-	12,2	12,0
Автобус сочлененный	-	18,3	-

Табл. 3.

автопоезда длиной не более 20 м. А для назначения величин уширения на кривых малого радиуса, в соответствии с п. 4.19 (СНиП 2.05.05-85\*. Автомобильные дороги. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.), используются 4 типа автопоездов общей длиной: 11 м и менее, 13 м, 15 м и 18 м. Однако на практике по дорогам осуществляют движения автопоезда, общая длина которых превышает указанные выше значения.

Особое внимание, по мнению авторов, необходимо уделить движению таких ТС на кривых малого радиуса, в зонах пересечений и примыканий автомобильных дорог и на разворотных площадках. Типовые решения, которые действуют на сегодняшний день необходимо проверить на их функциональную пригодность в связи с изменившимися условиями движения. Более детально назначения типов и радиусов закруглений на пересечениях и примыканиях автомобильных дорог проработаны у наших коллег за рубежом. В качестве примера можно привести опыт США и Германии.

Проектирование автомобильных дорог в США осуществляется в соответ-

ствии с AASHTO (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.: 2004).

При назначении радиусов кривых используются типовые расчетные схемы для наиболее распространенных типов ТС (табл. 1). Основные параметры, влияющие на радиус поворота: колесная база, траектория движения внутреннего заднего колеса.

Габариты грузовых автомобилей и автобусов больше, чем легковых автомобилей, поэтому им необходим больший радиус. Чем значительнее их доля в транспортном потоке, тем более жесткие требования предъявляются к автомобильной дороге.

При проектировании новых дорог используются расчетные схемы для автопоездов WB-40 – WB-114 (рис. 1) в зависимости от категории дороги и преобладающего типа автопоезда.

В немецких нормах проектирования в качестве расчетных используются наиболее распространенные типы ТС (FGSV RAST 06 Leitfaden für die Gestaltungstä

Timdtischer Straßen und Wege, 2006), внешние радиусы поворота которых определены путем экспериментальных исследований и компьютерного моделирования (табл. 2).

В табл. 2 приведены минимальные значения радиусов поворота, которые используются при проектировании разворотных площадок и закруглений на пересечениях и примыканиях. Для других типов автомобилей рекомендуется дополнительно разрабатывать расчетные схемы.

Параметры расчетных автомобилей, используемых при проектировании дорог в РФ, США и Германии приведены в таблице 3.

Таким образом, при назначении радиусов закруглений на пересечениях и примыканиях автомобильных дорог и на кривых малого радиуса используются разработанные типовые (шаблонные) решения для наиболее распространенных типов ТС, но необходимость определения реального динамического коридора остается актуальной.

Теоретические основы и алгоритмы моделирования динамических коридоров

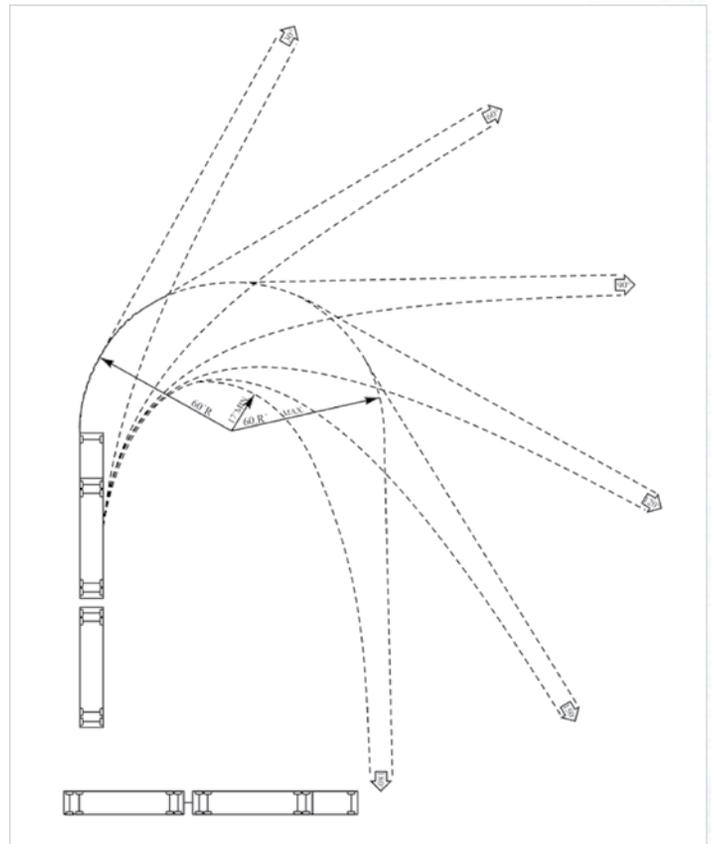


Рис. 1. Расчетная схема WB-114

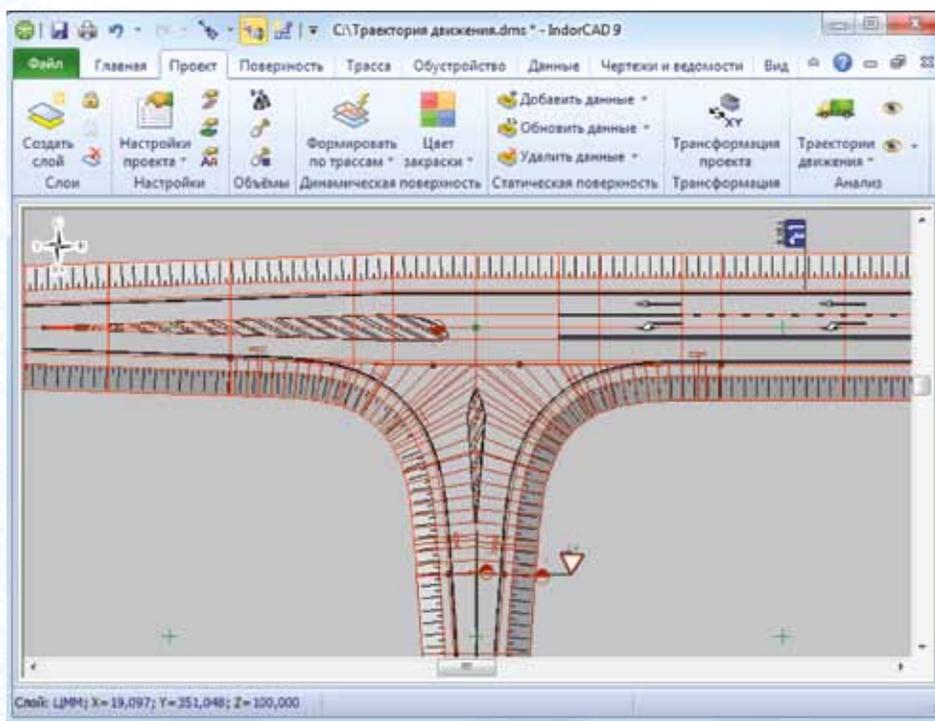


Рис. 2. Общий вид программы IndorCAD/Road 9

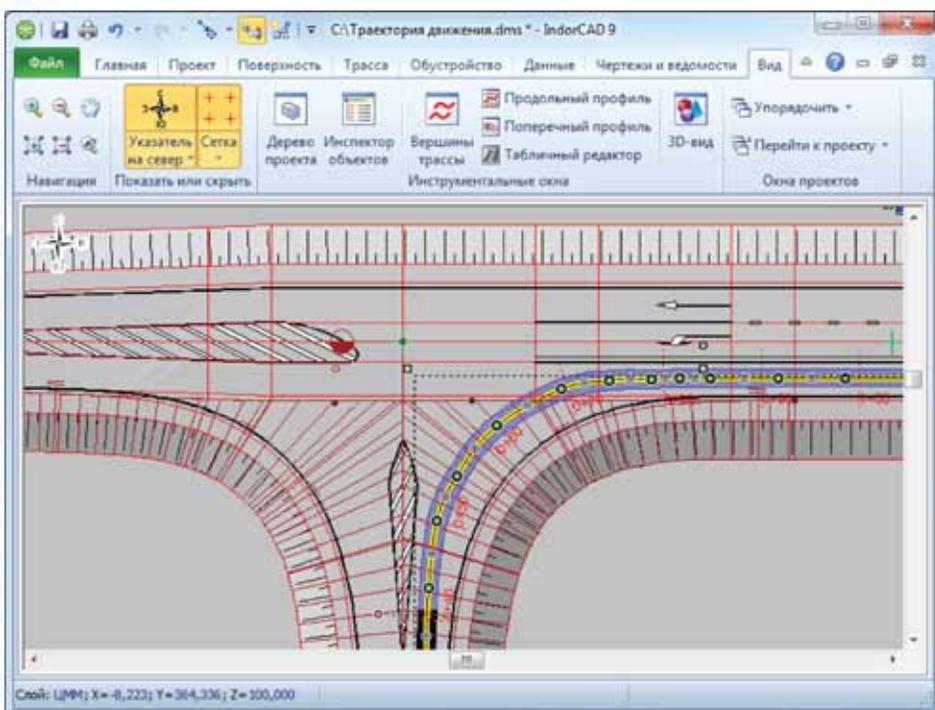


Рис. 3. Траектория движения и динамический коридор ТС

ТС будут изложены в отдельной статье, а далее мы приводим лишь их реализацию в САПР IndorCAD/Road.

### 3. Редактор моделирования траектории движения и динамического коридора ТС

В системе IndorCAD/Road инструменты моделирования траектории движения и динамического коридора собраны на вкладке меню «Проект» в группе «Анализ» (рис. 2).

Для того чтобы создать траекторию движения автомобиля необходимо выполнить следующие операции:

- в окне IndorCAD/Road 9 переключаемся на вкладку меню «Проект»;
- в группе «Анализ» активируем режим «Траектории движения»;
- в окне плана последовательно задаем траекторию движения (рис. 3);
- для завершения построения кликаем двойным щелчком мыши по последнему узлу;

- траектория движения и динамический коридор заданы.

После завершения построения в дереве объектов создается новый элемент – «Траектории движения», который может содержать n-значений траекторий движения.

По умолчанию в системе IndorCAD/Road 9 установлены параметры тележки легкового автомобиля. Для того чтобы изменить тип автомобиля разработан инструмент редактирования: «Редактор моделей автомобилей...» (рис. 4). Активировать данный инструмент можно несколькими способами:

- на вкладке меню «Проект» в группе «Анализ» из выпадающего списка выбираем «Редактор моделей автомобилей...»;
- активируем нужную нам траекторию движения и в «Инспекторе объектов» из выпадающего списка выбираем необходимый автомобиль.

Окно редактора моделей состоит из двух частей:

- в верхней части окна располагается библиотека моделей, используемых по умолчанию в IndorCAD/Road 9 и свойства выбранной модели;
- нижняя часть окна содержит две вкладки: Модель автомобиля – отображает общий вид выбранной модели; Просмотр проезда – на данной вкладке реализована возможность просмотра имитационного проезда выбранного типа автомобиля по свободной геометрии (рис. 5).

По умолчанию в библиотеке стандартных моделей, в системе IndorCAD/Road 9, используются основные автомобили отечественного производства и полный комплект Австралийских моделей.

В «Свойства» собраны основные параметры выбранной тележки (рис. 6):

- Габариты и положение кузова тележки: габариты кузова, капот и тягово-сцепные устройства;
- Оси: расстояние от передка тележки (для последующих тележек расстояние от предыдущей оси), расстояние между центрами колес, число колес с одной стороны оси, ширина покрышек колес, наружный диаметр, колес.

Редактор моделей автомобилей позволяет создавать индивидуальные тележки и сохранять их в базе.

#### 4. Примеры применения

Данный модуль был апробирован при проектировании пересечений и примыканий автомобильных дорог на территории Томской области. В результате геометрические очертания на некоторых примыканиях были оптимизированы для движения технологического транспорта общей длиной более 20 м.

#### 5. Выводы

В результате того, что за последние годы произошло качественное изменение автомобильного парка, существенно вырос процент присутствия на автомобильных дорогах общего пользования автопоездов, общая длина которых превышает 20 м. Поэтому необходим качественно новый подход к проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог и городских улиц. Применение шаблонных решений должно быть обосновано с точки зрения математического моделирования траекторий движения автомобилей и их динамических коридоров.

Моделирование траекторий движения автомобилей, по мнению авторов, должно стать обязательной процедурой проверки проектных решений на пересечениях и примыканиях автомобильных дорог в одном уровне, в зонах слияния и разветвления транспортных потоков на развязках в разных уровнях, а также на площадках отдыха, разворотных площадках, в зонах АЗС и других пунктах придорожного сервиса.

Представленный в работе модуль расчета динамического коридора автомобилей может быть использован в управлениях автомобильных дорог при выдаче разрешений на провоз крупногабаритных грузов, при проектировании сетей общественного транспорта (в первую очередь, трамваев и троллейбусов), а также при проектировании аэродромов.

**А.В.Скворцов**, д.т.н., профессор,  
генеральный директор  
ООО «ИндорСофт»

**А.Н. Байгулов**,  
ГИП ООО «Индор-Мост»

**В.О. Мотуз**,  
зам. начальника КГКУ «Алтайавтор»



www.indorsoft.ru

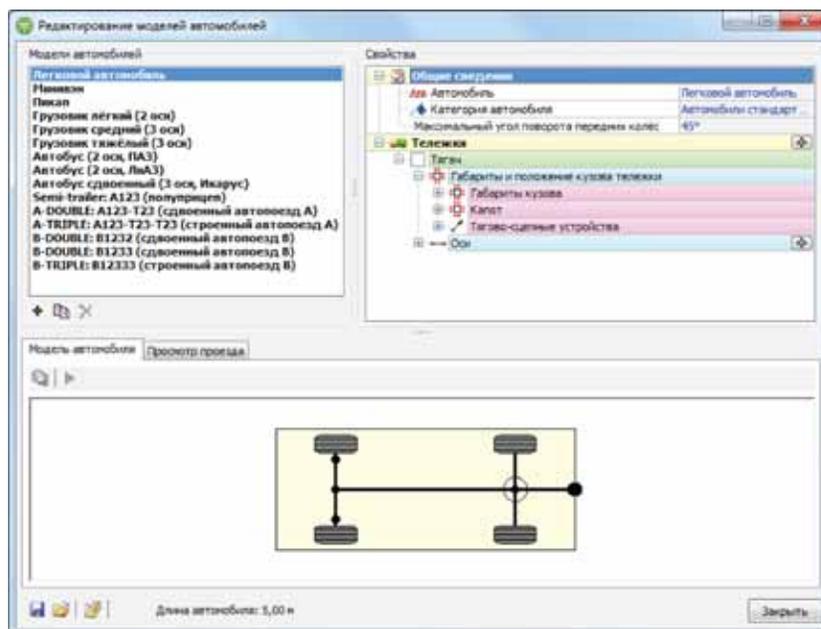


Рис. 4.  
Редактор  
моделей  
автомобилей

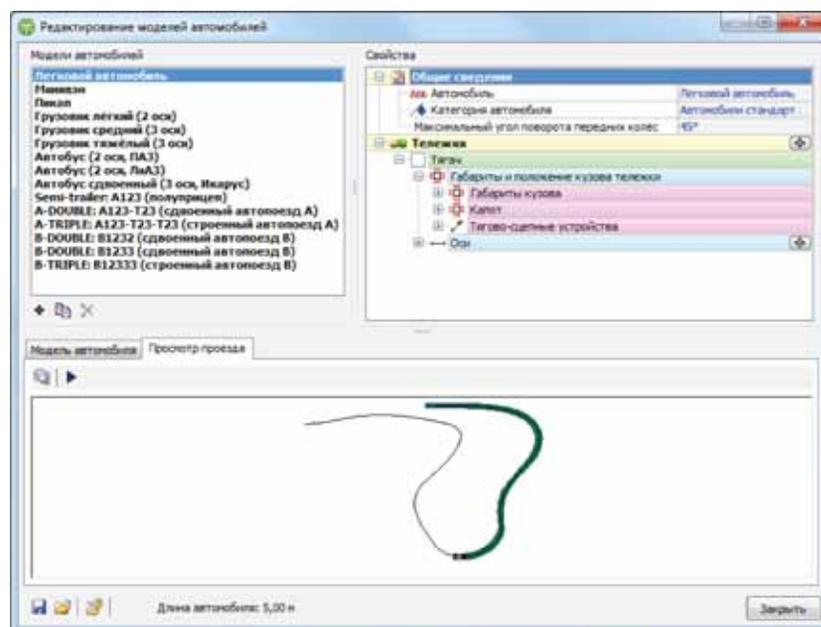


Рис. 5.  
Имитационный проезд

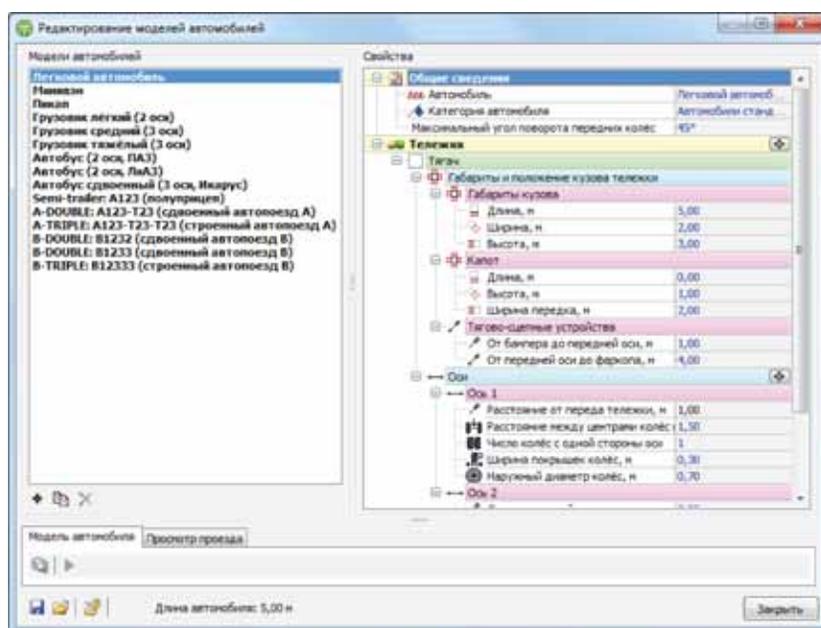


Рис. 6.  
Свойства  
выбранной  
тележки  
в редакторе  
моделей  
автомобилей