

# Кольцевые пересечения в двух уровнях. Инструменты проектирования есть, а правил выполнения нет

Елугачёв П.А., к.т.н., директор ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

Елугачёв М.А., начальник отдела проектирования автомобильных дорог ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

Байгулов А.Н., главный инженер проектов ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

*Обосновывается актуальность вопроса проектирования кольцевых пересечений в двух уровнях в современных условиях с использованием возможностей современных САПР.*

В 1928 году в США была построена первая транспортная развязка, выполненная по типу «Клеверный лист». После этого началось повсеместное строительство пересечений и примыканий в двух уровнях. Уже к 1936 году в США насчитывалось свыше 125 развязок. В этот период широкое распространение получили кольцевые пересечения в разных уровнях, а именно распределительное кольцо с двумя и пятью путепроводами.

В 1944 году в США были изданы первые технические условия на проектирование транспортных развязок. В данном нормативном документе, который отразил почти двадцатилетний опыт эксплуатации примыканий и пересечений в разных уровнях, были сформулированы основные требования к назначению их геометрических элементов. Расчётные скорости на съездах увязывались с расчётными скоростями на подходах к транспортным развязкам дорогах.

В 60-е годы в США стали применять кольцевые пересечения в трёх уровнях. Здесь кольцо располагается в естественном уровне, одна из автомагистралей проходит под кольцом (в тоннеле или выемке), а другая автомагистраль — над кольцом (по эстакаде или насыпи). Пересечение занимает сравнительно небольшую площадь земли, однако строительная стоимость его довольно высока.

Опыт проектирования и эксплуатации транспортных развязок в нашей стране нашел своё

отражение в Технических указаниях по проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог, впервые изданных в 1964 году, а затем переизданных в 1975 году.

Непрерывное увеличение парка автомобилей во всех странах неизбежно приводит к резкому росту интенсивности движения на автомобильных дорогах. Вследствие чего проблема проектирования пересечений дорог с каждым годом становится всё более актуальной.

Опыт эксплуатации транспортных развязок показал, что не всегда разведенные потоки в разных уровнях позволяют исключить заторы на автомобильной дороге. Примером этому может служить развязка по типу «клеверный лист», не обеспечивающая достаточную пропускную способность при высокой интенсивности (более 30%) лево- и правоповоротных потоков (рис. 1).

Авторы статьи ведут поиск альтернативного решения, за основу которого можно взять кольцевые пересечения в двух уровнях, как наиболее безопасные и понятные для водителей.

Для решения данного вопроса был проведён сравнительный анализ транспортных развязок в России, Германии, США, Великобритании на основе материалов, полученных из открытых источников. В работе использовались графические материалы, такие как генеральные планы, аэрофотоснимки, космоснимки и нормативная литература. В результате проведённой работы

отмечено широкое распространение в этих странах кольцевых пересечений в одном и нескольких уровнях.

Из общего числа отмеченных в ходе анализа кольцевых пересечений в нескольких уровнях можно выделить по распространенности: распределительное кольцо с пятью путепроводами (рис. 2–3), распределительное кольцо с двумя путепроводами, улучшенный тип распределительного кольца и турбинный тип пересечения.

Распределительное кольцо с пятью путепроводами применяют при пересечении двух крупных автомагистралей. Пересечения распределительного кольца с автомагистралями осуществляется таким образом, что кольцо поочередно проходит то над одной автомагистралью, то под другой. В результате этого продольный профиль распределительного кольца получается весьма сложным. Обе ветви, из которых состоит дуга каждого квадранта пересечения, имеют противоположные продольные уклоны. Продольные уклоны указанных ветвей и правоповоротных съездов также различны. По всей длине распределительного кольца происходит непрерывное чередование подъёмов и спусков. Для возможности размещения подъёмов и спусков и расположения вертикальных кривых необходимо иметь кольцо большого радиуса, что является недостатком данной транспортной развязки. Особенно большой радиус кольца требуется при пересечении автомобильных дорог под острым углом, так как при малом радиусе кольца невозможно будет вписывать правоповоротные съезды. Другим недостатком распределительного кольца является то обстоятельство, что левоповоротные автомобили совершают на нём значительный перепробег.

Распределительное кольцо с двумя путепроводами применяют при пересечении автомагистрали и второстепенной дороги (рис. 4–5). При этом скоростной поток автомагистрали проходит по прямой, а пересекаемый поток второстепенной дороги — по кольцу.

Здесь на кольце происходит смешение не только поворачивающих потоков, но и поворачивающих потоков с основным потоком второстепенной дороги, и, кроме того, основной поток второстепенной дороги вынужден проходить по кольцу, что приводит к большому перепробегу. С целью некоторого уменьшения указанного перепробега кольцо иногда вытягивают в направлении второстепенной дороги и выполняют в форме эллипса или в виде двух полуокружностей, соединенных прямыми вставками. Преимущества данной транспортной развязки по сравнению с распределительным кольцом, имеющим пять путепроводов, — меньшее количество путепроводов и более низкая стоимость строительства.

Улучшенный тип распределительного кольца, благодаря наличию специальных левоповоротных съездов, не имеет точек пересечения потоков в одном уровне (рис. 6–7). Недостатком данной транс-



Рис. 1. МКАД. Затопы на съездах с основных направлений движения

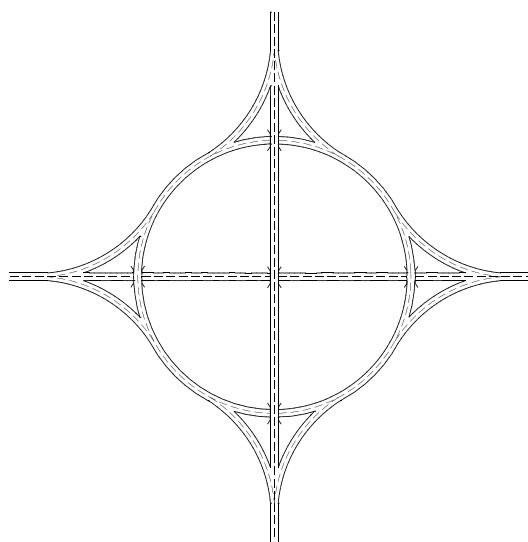


Рис. 2. Распределительное кольцо с пятью путепроводами



Рис. 3. Кольцевое пересечение в разных уровнях на пересечении автомобильных дорог М62 и М1 в Англии, выполненное по типу распределительного кольца с пятью путепроводами



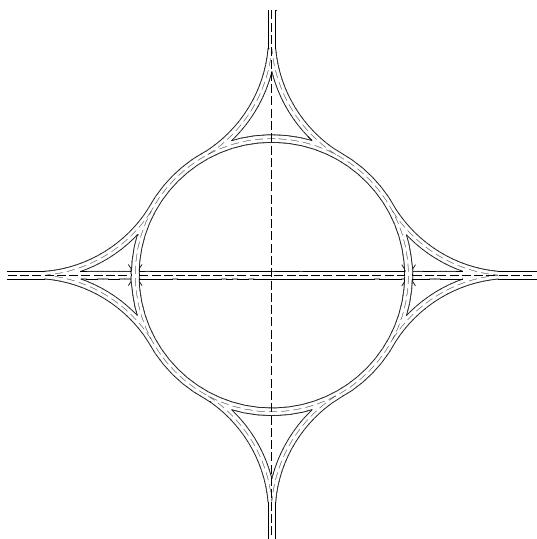


Рис. 4. Распределительное кольцо с двумя путепроводами

портной развязки является то обстоятельство, что специальные съезды для левоповоротного движения вливаются в кольцо не с правой, а с левой стороны, тогда как на автомагистралях, как правило, все ответвления и присоединения дорог должны устраиваться с правой стороны (по ходу движения). Этот тип пересечения имеют сложную конфигурацию и, следовательно, создаёт ряд неудобств в эксплуатации. Недостатком транспортной развязки является также наличие коротких обратных кривых малого радиуса.

Турбинный тип распределительного кольца является, по существу, усовершенствованным типом распределительного кольца, в котором кольцо

вместо одной имеет три отдельные проезжие части (рис. 8). На этой развязке каждый из четырёх левоповоротных потоков имеет собственный съезд, который, однако, присоединяется не к автомагистрали, а вливается в соответствующий правоповоротный съезд. Здесь смешиваются право- и левоповоротные потоки на участках правоповоротных съездов, находящихся между пунктом впадения левоповоротного съезда в проезжую часть автомагистрали. Турбинный тип пересечения имеет также тот недостаток, что левоповоротные съезды вливаются в правоповоротные съезды не с правой, а с левой стороны. Данный тип пересечения является наименее эко-

номичным вследствие наличия семи путепроводов и большей суммарной длине левоповоротных съездов.

Кольцевые пересечения широко применяются с 60–70-х годов XX века в России и во многих странах мира, что доказывает их высокую функциональность. В России современные нормативные требования к проектированию кольцевых пересечений представлены в СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги (Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85)[1]. Рекомендательные методики проектирования кольцевых пересечений приведены в методических указаниях по проектированию кольцевых пересечений, утвержденных Министерством автомобильных



Рис. 5. Кольцевое пересечение в разных уровнях на пересечении автомобильных дорог 640 и 148 в Канаде, выполненное по типу распределительного кольца с двумя путепроводами

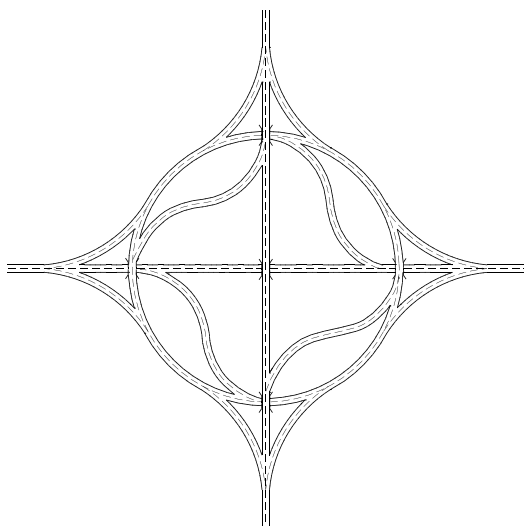


Рис. 6. Улучшенный тип распределительного кольца



Рис. 7. Кольцевое пересечение в разных уровнях на пересечении улиц Малахова и Павловского тракта в г. Барнаул, выполненное по сжатому усовершенствованному типу распределительного кольца с двумя путепроводами

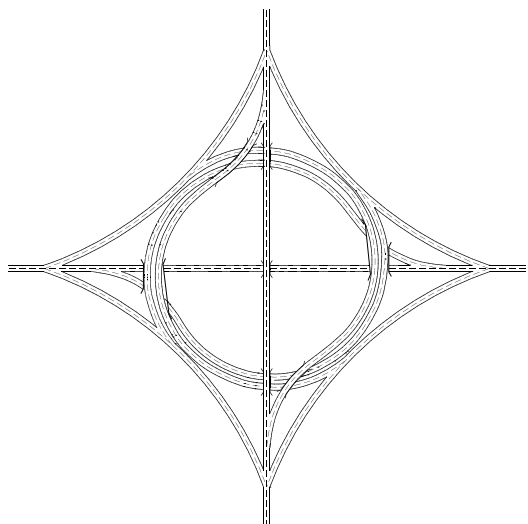


Рис. 8. Турбинный тип кольцевого пересечения

дорог РСФСР 4 октября 1979 г [2]. В настоящее время ведётся актуализация данного документа. Если кольцевые пересечения в одном уровне широко изучены в России и научная работа по ним ведётся, то требования к выбору схем транспортных развязок кольцевого типа в двух уровнях практически отсутствуют.

В целом же анализ нормативной литературы России, Германии, США, Великобритании [1–5], показал, что кольцевые пересечения в двух уровнях мало изучены.

Все выше указанные схемы транспортных развязок возможно смоделировать инструментами САПР. Сегодня можно получить модель не только геометрии, но и физических свойств объекта, например скорость, ускорение или время реакции водителя. С высокой точностью можно смоделировать места, где возникают заторы или снижается скорость, определить динамический коридор движения автомобиля с большими габаритами или определить, хватит ли расстояния для перестроения автомобиля на кольцевом пересечении. Однако создавая модель этими инструментами, сложно оценить, насколько она будет соответствовать существующим требованиям по интенсивности и обеспечению скоростных характеристик транспортного потока, так как соответствие данным параметрам нигде чётко не отражено. Можно с уверенностью сказать, что современные системы автоматизированного проектирования, основываясь на морально устаревших нормах и пра-

вилах, а также методах, заложенных во времена «ручного» проектирования, в недостаточной степени используют свои функциональные возможности.

Прогресс в области САПР является сегодня двигателем развивающейся нормативной базы. Доказательством является тот факт, что новый ОДМ на «Кольцевые пересечения» уточняет методики проектирования с учётом возможностей САПР, приведённые в приложениях к данному документу. В будущем это должно стать правилом. Ведь каждый инструмент проектирования в САПР имеет три важных составляющих: удобный для использования интерфейс, правильный математический аппарат (алгоритм) и геометрические ограничения (технические правила построения транспортных развязок).

Сегодня в современных САПР уже имеются две составляющие — это интерфейс и математический аппарат для создания практически любых конфигураций транспортных развязок. Однако в России нет третьей составляющей — утверждённой методики или технических правил, позволяющих применять эти инструменты на практике.

Наиболее удачно, по мнению авторов, решение задач проектирования транспортных развязок реализовано в системе IndorCAD [6,7], разработанной компанией «ИндорСофт». Набор имеющихся инструментов позволяет получать качественные цифровые модели проекта транспортных развязок практически любой сложности. Кроме этого, реализован целый ряд дополнительных инструментов, позволяющих проводить инженерный анализ, например — оценка пространственной видимости на транспортной развязке по 3D-модели или определение динамического коридора движения транспортных средств (в том числе на участках переплетения на транспортных развязках в двух уровнях).

Все эти инструменты в САПР IndorCAD могут позволить в будущем провести эксперименты с моделями кольцевых транспортных развязок и оценить ряд технических и экономических параметров, таких как:

- плановые ограничения в зависимости от интенсивности и состава пересекающихся потоков;
- ограничения в продольном профиле;

- экономическая эффективность и целесообразность применения схемы;
- безопасность (видимость, ясность, удобство).

На основе проведенного сравнительного анализа транспортных развязок, нормативно-методических документов и инструментов САПР авторы особо отмечают актуальность следующих задач:

- выработка рекомендаций по трассированию кольцевых транспортных пересечений на основе зарубежного опыта и проведённых натурных и камеральных исследований;
- используя имеющиеся наработки IndorCAD, разработать рекомендации по созданию инструментов автоматизированного проектирования кольцевых пересечений в двух уровнях;
- классифицировать кольцевые транспортные пересечения в двух уровнях и выработать рекомендации по применению схем в зависимости от интенсивности движения основной и пересекающейся дорог. ■

Литература:

1. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85. М., 2013.
2. Методические указания по проектированию кольцевых пересечений автомобильных дорог. М.: Минавтодор РСФСР, 1979. 104 с.
3. Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL). Teil III: Knotenpunkte (RAL-K).
4. AASHTO. A policy on geometric design of highways and streets. — American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2001. 1044 p.
5. TD 42 DMRB 6.2.4 Geometric design Major Interchanges.
6. Бойков В.Н., Федотов Г.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог на примере IndorCAD/Road. М.: МАДИ, 2005. 224 с.
7. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 10–17.