



УДК 625.739.4

Логинова О.А. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: [loginova@kgasu.ru](mailto:loginova@kgasu.ru)

Николаева Р.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: [nikolaeva1@bk.ru](mailto:nikolaeva1@bk.ru)

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

## Альтернативные решения пересечений в разных уровнях

### Аннотация

*Постановка задачи.* Цель исследования является обобщение данных по альтернативным ромбовидным пересечениям в разных уровнях с изменением сторонности движения.

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в том, что на текущий момент выявлено три схемы ромбовидного пересечения с изменением сторонности движения. Данные виды пересечений имеют меньшее число конфликтных точек, по сравнению с пересечением типа «ромб». Опыт эксплуатации показал снижение аварийности. На развязках может осуществляться движение велосипедистов и пешеходов.

*Выводы.* Полученные результаты исследования дают представление об уровне проектирования альтернативных видов пересечения за рубежом. Рассматриваемые развязки могут быть использованы не только при пересечении дорог высоких категорий, но и в городах, в условиях существующей застройки.

**Ключевые слова:** транспортная развязка, ромбовидное пересечение с изменением сторонности.

Современный уровень автомобилизации привел к тому, что транспортные развязки из чуда инженерной мысли превратились в обыденность. Сейчас никого не удивит развязками в двух, трёх и более уровнях. А в начале двадцатого века они воспринимались как прорывные решения.

Эпоха проектирования и развития транспортных развязок началась с 1916 года, когда американец Артур Хале получил патент на развязку по типу «клеверный лист» [1]. С тех пор количество и модификации пересечений в разных уровнях выросло. Было разработано много пересечений и примыканий автомобильных дорог в двух уровнях, в основе которых лежал «клеверный лист». Одним из видов таких пересечений является развязка по типу «ромб», в основе которой лежит неполный «клеверный лист» [2, 3]. У данного вида пересечения отсутствуют левоповоротные съезды, имеющиеся у «клеверного листа» (рис. 1).

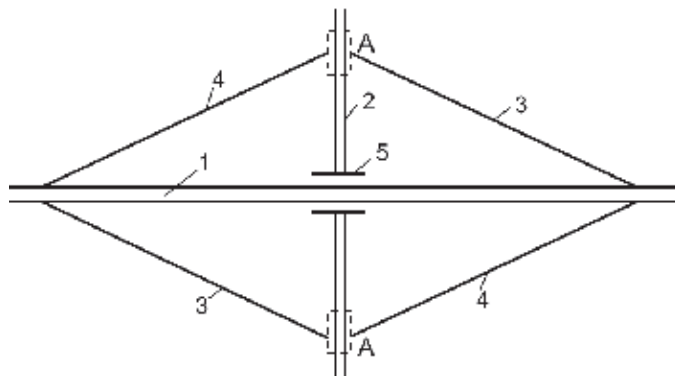


Рис. 1. Схема пересечения типа «ромб»: 1 – главная дорога; 2 – второстепенная дорога; 3 – съезд с главной дороги; 4 – съезд с второстепенной дороги; 5 – искусственное сооружение; А – место примыкания съездов к второстепенной дороге

В 2003 году Гилберт Члевецки (Gilbert Chlewicki) предложил модификацию пересечения типа «ромб» [4]. Это ромбовидная развязка с изменением сторон движения (рис. 2). В предложенном решении на второстепенной дороге происходит перестроение потоков с правой стороны движения на левую сторону и наоборот. Перестроение потоков движения осуществляется до и после путепроводов.

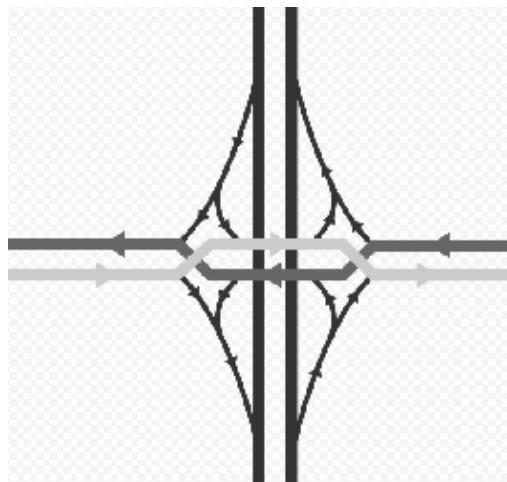


Рис. 2. Схема ромбовидной развязки с изменением сторон движения

В некоторых штатах США были построены транспортные развязки такого типа, особенностью которых явилось изменение сторон движения на второстепенной дороге. Два узла пересечения потоков располагаются до и после путепровода. На текущий момент в США насчитывается 18 пересечений с изменением сторон движения.

Различают несколько вариаций такой развязки. Первый вариант – второстепенная дорога проходит по путепроводу над главной дорогой. Изменение сторон движения происходит до и после путепровода, то есть над главной дорогой (рис. 3).



Рис. 3. Изменение сторон движения до и после путепровода

Второй вариант – второстепенная дорога проходит под путепроводом, главная дорога проходит над ним. Изменение направлений движения происходит до и после путепровода, то есть под главной дорогой (рис. 4) [4].

Третий вариант это модификация второго случая, когда ромб изменения сторон движения вместе с узлами изменения движения смещен в сторону от точки пересечения осей главной и второстепенной дорог [5].



Рис. 4. Изменение сторон движения под путепроводом

Как видно из представленных рисунков, при пересечении дорог под углом  $90^\circ$  длина путепроводов имеет минимальное значение. Если же дороги пересекаются под углом, то длина путепроводов увеличится. При этом следует учесть, что конуса насыпи под путепроводом будут способствовать увеличению его длины. Для того чтобы уменьшить длину путепровода или в стеснённых условиях городской застройки следует переходить к проектированию эстакады.

Возможны варианты, когда ромб изменения сторон движения устраивается на двух путепроводах. Этот случай может произойти, если решили провести реконструкцию уже существующей развязки и главная дорога проходит под путепроводом (рис. 3). Во время строительства движение осуществляется по существующему путепроводу. После введения в эксплуатацию, движение происходит по двум путепроводам. При этом, узлы изменения сторон движения находятся до и после путепроводов так же, как и на рис. 3.

Следующий аспект, который возникает при анализе ромбовидного пересечения с изменением сторон движения, это необходимость устройства светофорного регулирования в узлах изменения направления движения. При этом при проектировании геометрических размеров пересечения необходимо учитывать длину накопительных участков перед светофорами, которые располагаются до и после узлов пересечения потока. Как видно из рис. 3, на увеличение длины путепровода может повлиять протяженность автомобилей, расположенных на путепроводе перед светофором. Уменьшить длину участка накопления транспорта можно за счет изменения фаз светофорного регулирования.

Одним из плюсов ромбовидного пересечения можно отметить решение левоповоротных съездов. Предложенный вариант намного удобнее, по сравнению с левоповоротными съездами на пересечениях типа клеверного листа, где для совершения левого поворота водителю приходится на съезде поворачивать направо. И левоповоротные съезды «клеверного листа» выполнены в виде кольца малого радиуса в плане. В рассматриваемых вариантах, после прохождения светофора у первого узла изменения направления, водитель перестраивается на левую сторону движения и видит поворот налево, то есть не происходит потери ориентирования водителя. Левый съезд, в плане, более плавный, не приходится делать полный круг, как у пересечения типа «клеверный лист». Можно сказать, что это тот же левоповоротный съезд пересечения «клеверный лист», только его изменили, вытянули вдоль главной дороги.

Такое решение ромбовидного пересечения положительно сказывается на эмоциональном состоянии водителя и на его восприятие дорожной обстановки [11, 12]. Так как изменение направления происходит до пересечения путепровода, то у водителя есть время на обдумывание манёвра, пока машина стояла перед светофором. Не наблюдается потери ориентации, как при пересечении развязки типа «клеверный лист», когда при

повороте налево, водитель на левоповоротном съезде совершает правый поворот. Таким образом, эмоциональное состояние водителя остается стабильным и не мешает движению.

Возможно, из-за применения такого типа ромбовидного пересечения произойдет увеличение занимаемой земли под развязкой. Особенно, по сравнению с развязкой типа «клеверный лист». Но это достаточно спорный вопрос, который зависит, в первую очередь, от конфигурации развязки типа «клеверный лист», от того какими кривыми запроектированы правосторонние и левосторонние съезды. Уменьшение площади земли у клеверного листа произойдет только в том случае, если правые и левые съезды были запроектированы переходными кривыми переменной скорости [6] и левоповоротные съезды будут иметь два центра. Сравнительных данных по площади занимаемых земель у ромбовидного пересечения при проектировании его съездов различными кривыми, в том числе, и переходными кривыми переменной скорости, не найдено.

Следует так же отметить, что ромбовидное пересечение с изменением сторонности движения может применяться в городских условиях, поскольку, развязка достаточно узкая. Все съезды вытянуты вдоль главной дороги. Это позволяет вписать развязку в плотную городскую застройку, не задевая существующие строения.

У представленного ромбовидного пересечения отмечается снижения аварийности на 46-60 %. Уменьшение числа конфликтных точек у ромбовидного пересечения с изменением сторон движения по сравнению с пересечением типа «ромб» связано с изменением направления потоков движения и размещением светофоров перед этими узлами (рис. 5.) [13].

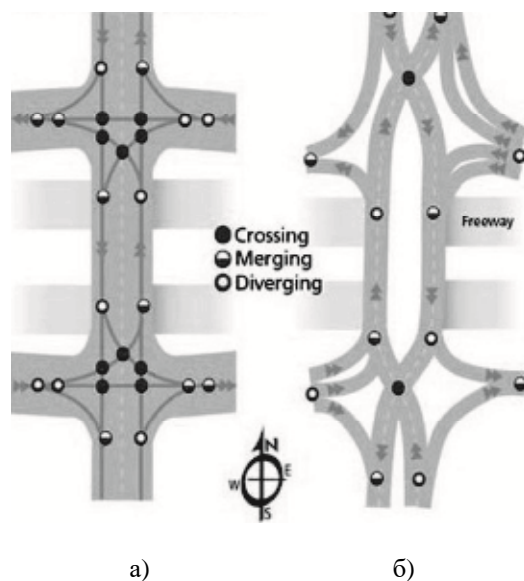


Рис. 5. Количество конфликтных точек:  
а) пересечение типа «ромб»; б) ромбовидное пересечение с изменением сторон движения

Как видно из рисунка 5 у пересечения типа «ромб» 26 конфликтных точек, из них: 10 точек пересечения, 8 точек слияния и 8 точек разветвления потоков движения. У развязки, разработанной Г. Члевецки 14 конфликтных точек, из них: 2 точки пересечения потоков, перед которыми установлены светофоры, 6 точек слияния и 6 точек разветвления потоков движения. Наличие светофорного регулирования вынуждает водителей быть более внимательными, двигаться с меньшей скоростью при перестроении с одной стороны движения на другую. Следует отметить, что у ромбовидной развязки нет затяжного участка перестроения потоков, как у клеверного листа, пересечения типа «ром», где происходит пересечение автомобилей вышедших из левого поворота и уходящих на него [7, 8, 9, 10]. Этого удалось избежать вследствие изменения сторонности движения и наличия светофоров, ограничивающих скорость движения транспортных потоков.

При разработке геометрических параметров ромбовидного пересечения с изменением сторон движения следует учесть, что такой вид пересечения будет эффективен при пересечении дорог I и II технических категорий или при пересечении улиц городского значения с непрерывным движением и светофорным регулированием. На автомобильных дорогах I и II категорий проектируется 4 и более полос движения. Наличие двух полос движения в одном направлении, это тот минимум, при котором будет функционировать данная развязка. Одна полоса для движения в прямом направлении. И одна полоса для движения налево, но на этой полосе будет происходить слияние потоков автомобилей, которые совершают левый поворот и левый разворот. Следовательно, чтобы избежать увеличения числа конфликтных точек, следует проектировать, две полосы движения для движения в прямом направлении, одна полоса – для совершения левого поворота и ещё одна полоса – для левого разворота (рис. 3). То есть путепровод следует проектировать на четыре полосы в каждом направлении.

При проектировании ромбовидного пересечения в городских условиях обязательно необходимо учитывать наличие тротуаров для пешеходов. Если ромб изменения сторонности находится ниже главной дороги, то для пешеходов предусматриваются пешеходные переходы типа «зебра» и тротуары вдоль второстепенной дороги (рис. 4). Тротуары могут располагаться на путепроводе, если главная дорога проходит под путепроводом. В литературе приводятся пример организации пешеходного движения [4]. В частности, при расположении ромба над главной дорогой, тротуар может располагаться между потоками изменения движения, то есть по оси путепровода, а у светофоров происходит разделение пешеходных дорожек на правую и левую стороны развязки и переход осуществляется по «зебре» (рис. 3).

Не следует забывать и о велосипедном движении. Велосипедисты могут быть жителями пригородной зоны или города. В этом случае велосипедные полосы или дорожки следует предусматривать для любой модификации ромбовидного пересечения с изменением сторон движения. В том случае, если ромб изменения сторонности располагается на путепроводе, то велосипедные полосы располагаются вдоль оси путепровода, правее и левее тротуара, расположенного по оси путепровода. Второй вариант – это выделенная велосипедная дорожка, отделенная от проезжей части. Такое решение можно осуществить, если ромб изменения сторонности расположен под главной дорогой. В обоих случаях велосипедные полосы и дорожки располагаются вдоль тротуаров. При организации движения велосипедистов и пешеходов все места пересечения проезжей части и тротуаров или велодорожек следует оборудовать пониженным спуском.

Так как ромбовидное пересечение с изменением сторонности движения это относительно новая развязка, которая еще не применялась в России, то ее устройство повлечет за собой дополнительные затраты на информирование и обучение водителей, велосипедистов и пешеходов по правилам проезда и прохода по развязкам такого типа.

Такие нетрадиционные виды пересечений имеют в своей основе вариантное проектирование. Что позволяет для конкретных условий предложить свой набор решений для организации движения транспорта, пешеходов и велосипедистов. Применение ромбовидного пересечения с изменением сторон движения позволяет повысить безопасность движения, уменьшить задержки при ее пересечении развязки, быть доступны для велосипедистов и пешеходов, по сравнению с традиционными видами пересечений. Представленные решения не всегда знакомы отечественным проектировщикам и могут вызвать трудности при проектировании данного вида развязок.

### Список библиографических ссылок

1. Федотов В. А., Буянов Э. С. Проблемы функционирования транспортных развязок типа «клеверный лист» и их решения // Дороги и мосты. 2011. № 25. С. 99–125.
2. Пospelов П. И., Шевяков А. П., Щит Б. А. Планировка ромбовидных пересечений автомобильных дорог в разных уровнях // Наука и техника в дорожной отрасли. 2013. № 3. С. 11–13.
3. Развязка транспортная (варианты) : пат. 2468138 Рос. Федерация. № 2011130936 ; заявл. 25.07.11 ; опубл. 27.11.12, Бюл. № 33. 28 с.

4. Bastian Schroeder; Chris Cunningham; Brian Ray, Andy Daleiden, Pete Jenior, Julia Knudsen, Kittelson & Associates, Inc. Diverging diamond interchange informational guide. U.S. department of transportation. Federal highway administration office of safety, August 2014. 226 с.
5. Joe G. Bared, Tom Granda, Abdul Zineddin. Drivers' evaluation of the diverging diamond interchange. Techbrief U.S. department of transportation. Federal highway administration office of safety. 2017. 11 с.
6. Мустафин М. М., Логинова О. А. Проектирование левоповоротных ответвлений транспортных развязок, с применением переходных кривых переменной скорости VGV\_kurve : Электронный сборник статей по материалам XV студенческой международной научно-практической конференции. СибАК. Новосибирск, 2017. С. 7–11.
7. Venkata Chilukuri, Smith Siromaskul, Michael Trueblood and Tom Ryan. Diverging diamond interchange performance evaluation (I-44 and Route 13). February 2011. Missouri department of transportation. 62 с.
8. Chlewicki G. Should the diverging diamond interchange always be considered. Transportation research record. Washington, D.C., 2011. Vol. 2223. 88 с.
9. Tahmina Khan, Michael Anderson. Drivers' evaluation of the diverging diamond interchange // International journal of traffic and transportation engineering. 2016. № 6. С. 38–50.
10. Jorge A. Martinez, Ruey Long Cheu. Double crossover versus conventional diamond interchanges both with frontage roads // Journal of transportation of the institute of transportation engineers. November 2012. Vol. 4. № 1. С. 1–16.
11. Николаева Р. В. Предложения по проектированию автомобильных дорог с учетом восприятия водителем дорожных условий // Известия КГАСУ. 2016. № 2 (36). С. 252–258.
12. Николаева Р. В., Логинова О. А. Оптимизация дорожной обстановки при проектировании автомобильных дорог с учетом психофизиологии водителя // Известия КГАСУ. 2015. № 4 (34). С. 357–362.
13. James McCarthy, Joe Bared, Wei Zhang, and Mark Doctor. Design at the crossroads. Publication number: FHWA-HRT-13-005 Vol. 77. № 1. Date: July/August 2013. URL: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/13julaug/01.cfm> (дата обращения: 30.06.2017).

**Loginova O.A.** – candidate of technical sciences, associate professor  
E-mail: [loginova@kgasu.ru](mailto:loginova@kgasu.ru)

**Nikolaeva R.V.** – candidate of technical sciences, associate professor  
E-mail: [nikolaeva1@bk.ru](mailto:nikolaeva1@bk.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**  
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

### Alternative solutions of crossings in different levels

#### Abstract

*Problem statement.* The aim of the study is to generalize data on alternative diamond-shaped intersections at different levels with a change in the direction of motion.

*Results.* The main results of the research are that, at the present moment, three schemes of diamond-shaped intersection have been revealed with a change in the legality of the movement. These types of intersections have a smaller number of conflicting points, compared to the intersection of the «rhombus» type. Operational experience showed a decrease in accidents. At the junctions, cyclists and pedestrians can move.

*Conclusions.* The obtained results of the research give an idea of the level of design of alternative types of crossing abroad. The considered interchanges can be used not only when crossing high-class roads, but also in cities, in the conditions of existing buildings.

**Keywords:** transport interchange, diverging diamond interchange.

## References

1. Fedotov V. A., Buyanov E. S. Problems of functioning of road interchanges like «clover leaf» and their decisions // *Dorogi i mosty*. 2011. № 25. P. 99–125.
2. Pospelov P. I., Shevyakov A. P., Shchit B. A. Planning of diamond-shaped traverses of highways in different levels // *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli*. 2013. № 3. P. 11–13.
3. Road interchange (options) : patent 2468138 of the Rus. Federation. № 2011130936 ; decl. 25.07.11; publ. 27.11.12. Bull. in № 33. 28 p.
4. Bastian Schroeder; Chris Cunningham; Brian Ray, Andy Daleiden, Pete Jenior, Julia Knudsen, Kittelson & Associates, Inc. Diverging diamond interchange informational guide. U.S. department of transportation. Federal highway administration office of safety, August 2014. 226 p.
5. Joe G. Bared, Tom Granda, Abdul Zineddin. Drivers' evaluation of the diverging diamond interchange. Techbrief. U.S. department of transportation. Federal highway administration office of safety. 2017. 11 p.
6. Mustafin M. M., Loginova O. A. Design of left turning branches of traffic intersections, using the transition curves of a variable speed of VGV\_kurve : Electronic collection of articles on the materials of the 15th International Student Scientific and Practical Conference. SibAK. Novosibirsk, 2017. P. 7–11.
7. Venkata Chilukuri, Smith Siromaskul, Michael Trueblood and Tom Ryan. Diverging diamond interchange performance evaluation (I-44 and Route 13). February 2011. Missouri department of transportation. 62 p.
8. Chlewicki G. Should the diverging diamond interchange always be considered. Transportation research record. Washington, D.C., 2011. Vol. 2223. 88 p.
9. Tahmina Khan, Michael Anderson. Drivers' evaluation of the diverging diamond interchange // *International Journal of Traffic and Transportation Engineering*. 2016. № 6. P. 38–50.
10. Jorge A. Martinez, Ruey Long Cheu. Double crossover versus conventional diamond interchanges both with frontage roads // *Journal of transportation of the institute of transportation engineers*. November 2012. Vol. 4. № 1. P. 1–16.
11. Nikolaeva R. V. Offers on design of highways taking into account perception by the driver of road conditions // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 2 (36). P. 252–258.
12. Nikolaeva R. V., Loginova O. A. Optimization of a road situation at design of highways taking into account psychophysiology of the driver // *Izvestiya KGASU*. 2015. № 4 (34). P. 357–362.
13. James McCarthy, Joe Bared, Wei Zhang, and Mark Doctor. Design at the crossroads. Publication Number: FHWA-HRT-13-005 Vol. 77. № 1. Date: July/August 2013. URL: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/13julaug/01.cfm> (reference date: 30.06.2017).