

Лекция 1. Виды транспортных развязок

1. Понятие ТР и их элементы
2. Классификация ТР
3. Схемы полных простых ТР для четырех направлений
4. Полные улучшенные двухуровневые ТР для четырёх направлений
5. ТР для трех направлений
6. Неполные ТР

1. Понятие ТР и их элементы

Транспортная развязка – это инженерное сооружение, устраиваемое на пересечениях и примыканиях автомобильных дорог, включающее один или несколько путепроводов и систему соединительных ответвлений, обеспечивающих движение всех (полная транспортная развязка) или только основных (неполная транспортная развязка) пересекающихся транспортных потоков в разных уровнях.

Местоположение развязок на сети автомобильных дорог следует определять исходя из планировки дорожной сети, с учетом категорий дорог и топографических условий. Располагать транспортные развязки следует на прямых участках или на кривых радиусом не менее 2000 м на дорогах категорий IA, IB, IB и II и с радиусами 800 м - на дорогах категорий III и IV.

Транспортная развязка (ТР) состоит из ряда элементов, выполняющих определенные функции.

Выделяют следующие элементы транспортной развязки, представленные на рисунке 1:

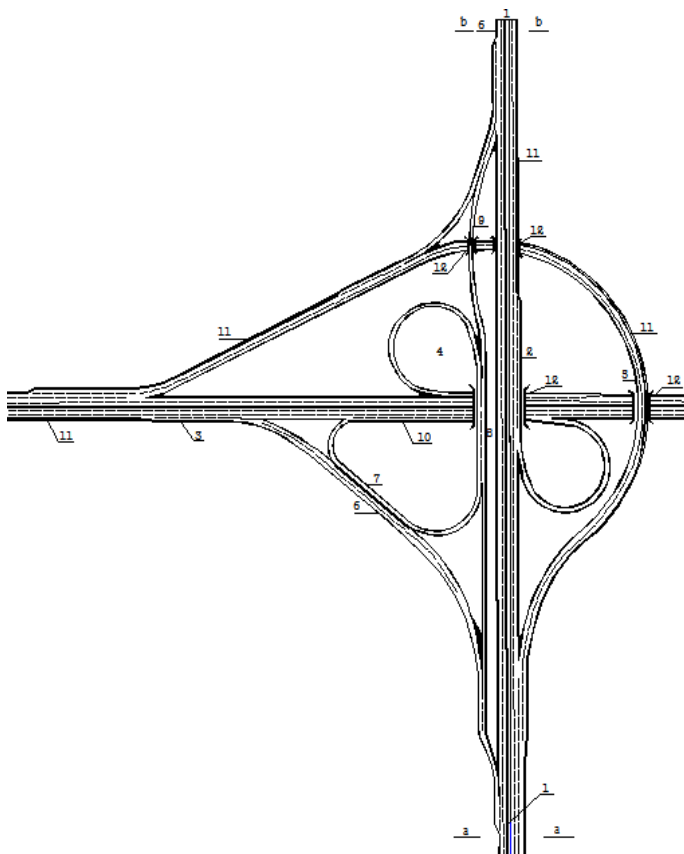
- проезжие части пересекающихся дорог в границах ТР;
- соединительные ответвления (съезды развязок) для обеспечения соединения проезжих частей пересекающихся дорог и обеспечения возможности осуществления въезда на проезжие части и выезда с них;
- примыкание к проезжим частям дорог с устройством полос разгона;
- отмыкания от главных проезжих частей дорог с устройством полос торможения перед соединительными ответвлениями;
- сквозные распределительные проезды для отделения транзитного потока автомобилей от потока автомобилей, въезжающих на соединительные ответвления и выезжающих с них;
- остановочные полосы;
- искусственные сооружения (путепровод, тоннель),
- технические средства организации дорожного движения (дорожные знаки, разметка, ограждения и др.).

Границей транспортной развязки является сечение перпендикулярное главной проезжей части и проходящее через наиболее удаленный элемент ТР. Этим элементом чаще всего является начало или конец отгона уширения (рисунок 1, сечения а-а и в-в).

Соединительные ответвления (съезды развязок) делятся:

- по характеру движения с *односторонним* движением и *двухсторонним* (на соседней полосе встречное движение);

- по направлению движения на *левоповоротные (ЛПО), правоповоротные (ППО) и совмещенные (СО)*;
- по конфигурации соединительного ответвления относительно проезжей части на *прямые, полупрямые и петлевые*.



1 – главная проезжая часть; 2 – участок примыкания (полоса разгона); 3 – участок отмыкания (полоса торможения); 4 – петлевое левоповоротное соединительное ответвление; 5 – огибающее полупрямое соединительное ответвление; 6 – правоповоротное соединительное ответвление; 7 – левоповоротное соединительное ответвление, запроектированное с учетом положения правоповоротного; 8 – зона переплетения потоков; 9 – сквозной распределительный проезд; 10 – дополнительная полоса в зоне переплетения потоков; 11 – остановочная полоса; 12 – путепровод

Рисунок 1 - Элементы транспортной развязки

Схемы соединительных ответвлений приведены на рисунках 2-5.

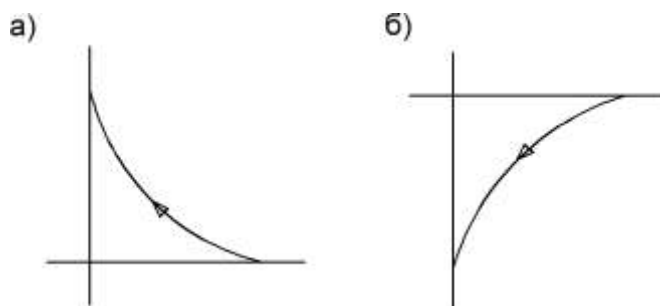
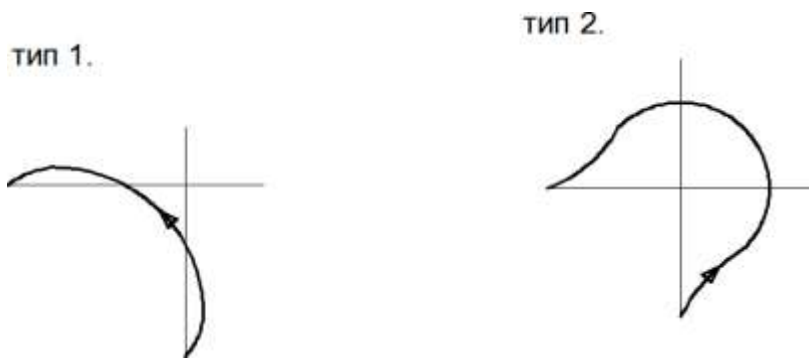


Рисунок 2 - Схемы прямых односторонних правоповоротных (а) и левоповоротных (б) соединительных ответвлений



направленные (тип 1) и огибающие (тип 2)

Рисунок 3 - Полупрямые односторонние левоповоротные соединительные ответвления

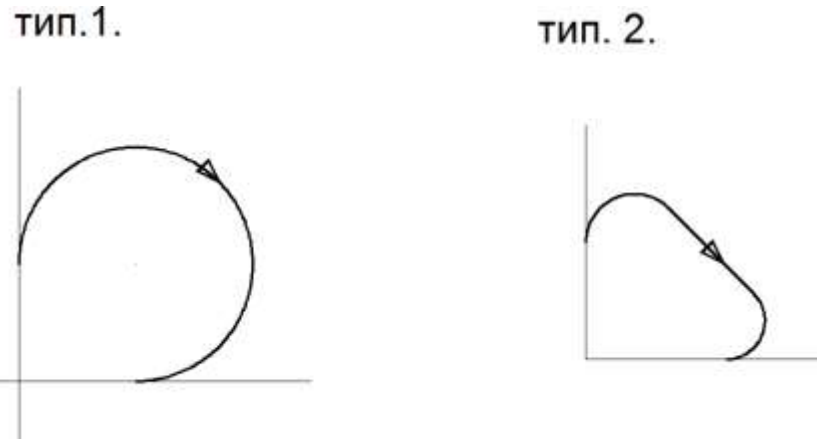


Рисунок 4 - Петлевые односторонние левоповоротные соединительные ответвления.

По ПНСТ-270-2018 расчетная скорость на соединительных ответвлениях зависит от расчетной скорости на основной дороге, с которой происходит отмыкание.

План трассы, петлевых односторонних соединительных ответвлений по типу 1 (рисунок 4), состоит из круговой кривой, сопрягаемой с прямыми с помощью переходных кривых (классический вариант). План трассы петлевых соединительных ответвлений по типу 2 состоит из двух закруглений малого радиуса. Эти закругления стыкуются между собой на участке прямой. Её длина может быть равна нулю.

Совмещенные соединительные ответвления (рисунок 5) предназначены для транспортных потоков, поворачивающих налево и направо. При этом движение может быть односторонним и двухсторонним.

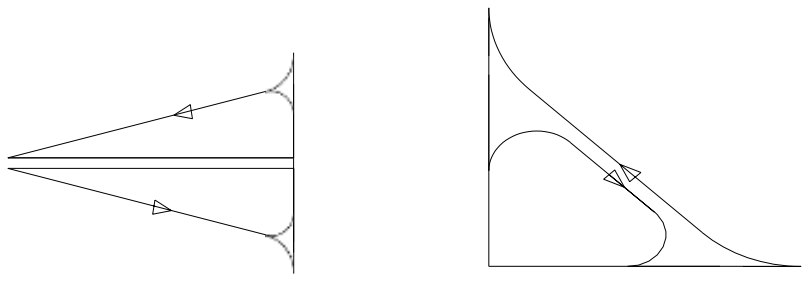


Рисунок 5 - Совмещенные соединительные ответвления

2. Классификация ТР

В зависимости от планировочных решений транспортные развязки на пересечениях в разных уровнях следует подразделять на типы:

- *полная транспортная развязка* – пересечение (примыкание) дорог в разных уровнях, на котором отсутствуют опасные точки пересечения транспортных потоков и сохраняются точки разделения и слияния этих потоков;

- *неполная транспортная развязка* – пересечение дорог в разных уровнях, на котором имеются точки пересечения транспортных потоков на второстепенной дороге или отсутствует возможность поворота по одному из направлений.

Полные транспортные развязки могут быть *простыми* и *улучшенными*.

Полные транспортные развязки могут быть *двухуровневыми* и *многоуровневыми*.

По числу примыкающих к узлу направлений дорог транспортные развязки делятся на:

- транспортная развязка для трех направлений;
- транспортная развязка для четырех направлений;
- транспортная развязка для пяти направлений.

Схемы транспортных развязок для пяти направлений составляются индивидуально.

Схемы транспортных развязок для трех и четырех направлений типизированы многолетней практикой.

3. Схемы полных простых ТР для четырех направлений

В практике проектирования полных двухуровневых транспортных развязок наибольшее распространение получили транспортные развязки по типу «клеверный лист». Схема плана классической трассы представлена на рисунке 6.

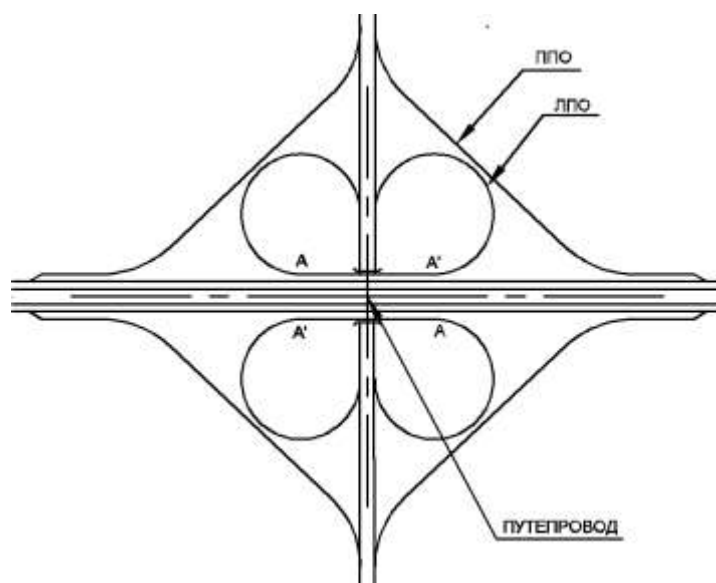


Рисунок 6 - Схема плана трассы классической транспортной развязки «клеверный лист»

Для поворота налево предусмотрены четыре петлеобразные левоповоротные соединительные ответвления. (В дальнейшем будем обозначать сокращенно ЛПО). Они образуют очертания лепестка клевера.

Для поворота направо предусмотрены четыре правоповоротные соединительные ответвления. Будем обозначать их ППО.

Слабым местом транспортной развязки «клеверный лист» являются участки переплетения потоков транспорта, выезжающего из ЛПО в точке А' на основную полосу и потоков транспорта, въезжающего на ЛПО в точке А (рисунок. 1.6) с основной полосы прямого направления.

Пропускная способность полосы переплетения определяет пропускную способность всей транспортной развязки.

Достоинством классической транспортной развязки «клеверный лист» являются относительно невысокая стоимость, так как требуется строительство одного путепровода, хорошие условия движения транспорта на правых поворотах.

Недостатком транспортной развязки «клеверный лист» являются перепробеги и малая скорость движения на левых поворотах вследствие малого радиуса круговой кривой ЛПО, наличие полосы переплетения транспортных потоков и малая их пропускная способность, относительно большая площадь занимаемых земель.

На транспортной развязке «клеверный лист» возможен поворот и разворот транспортных средств службы эксплуатации и зимнего содержания автомобильных дорог.

В стесненных условиях с целью уменьшения занимаемой площади земель могут применяться схемы транспортных развязок «клеверный лист», представленные на рисунке 7.

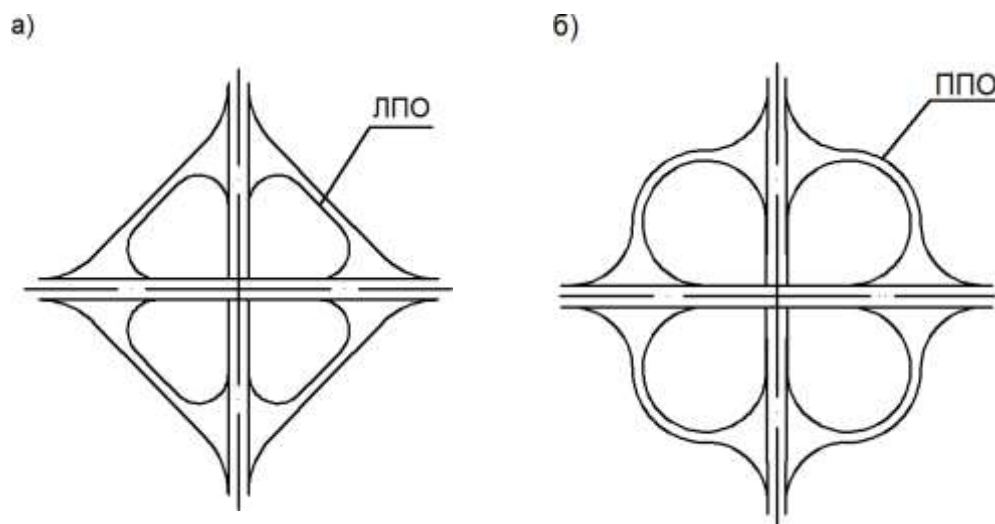


Рисунок 7 - Схемы плана трассы транспортных развязок « клеверный лист» с измененными ЛПО и ППО

В этих схемах ЛПО сжимается вдоль биссектрисы угла пересечения сопрягаемых дорог, а ППО огибает часть ЛПО. Это усложняет режим движения автомобиля, и поперечный водоотвод на проезжей части.

Кроме транспортной развязки «клеверный лист», к двухуровневым транспортным развязкам относятся распределительное кольцо с двумя путепроводами (рисунок 8), с пятью путепроводами (рисунки 9 и 10) и «ветряная мельница» (рисунок 11).

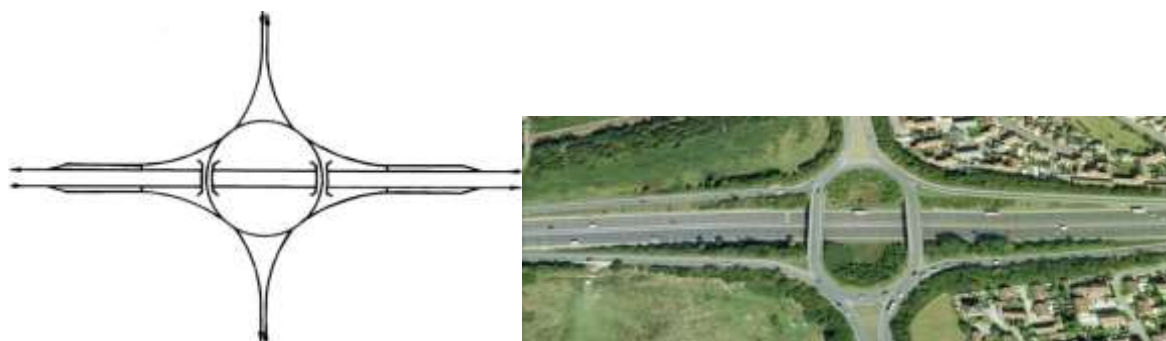


Рисунок 8 - Схема трассы и план транспортной развязки «распределительное кольцо с двумя путепроводами»



Рисунок 9 - Схема транспортной развязки «распределительное кольцо с пятью путепроводами»

В случае транспортной развязки «распределительное кольцо с пятью путепроводами» радиус кольца R_k назначается большим с тем, чтобы между точками слияния (С) и разветвления (Р) расстояние было не менее:

$$S_{ср} \geq 4 \cdot V, \quad (1.1)$$

где 4 – время на смену ряда, с;

V - расчетная скорость движения транспорта на кольце радиуса R_k , м/с.

Если условие (1.1) не выполняется, то взамен точек (С) и (Р) на транспортной развязке имеют место точки пересечения (п) под острым углом как наиболее опасные.

Достоинством транспортной развязки «распределительное кольцо с пятью путепроводами» по сравнению с транспортной развязкой «клеверный лист» является лучшее условие на левых поворотах. На правых поворотах безопасность движения уменьшается, так как на участке от точки (С) до точки (Р) на длине пути $S_{ср}$ имеет место переплетение лево- и правоповоротных потоков.

Большим недостатком транспортной развязкой «распределительное кольцо с пятью путепроводами» является его высокая стоимость в связи с необходимостью строить пять путепроводов.

Схема плана трассы транспортной развязки «ветряная мельница» приведена на рисунке 10.

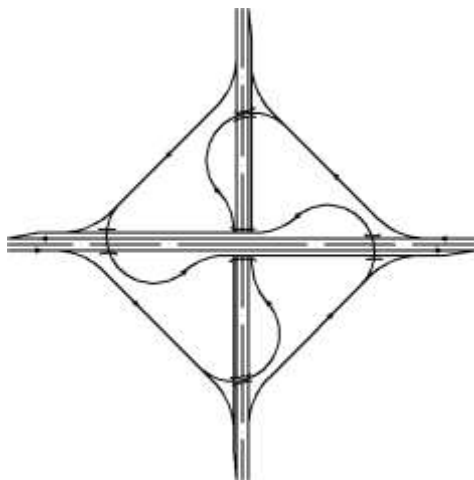


Рисунок 10 - Схема плана трассы транспортной развязки «ветряная мельница»

На транспортной развязке «ветряная мельница» поворот автомобиля налево начинается с правоповоротного соединительного ответвления. Далее поворачивающий налево автомобиль по криволинейной траектории проходит под (над) путепроводом и вливается в полосу разгона и в основную проезжую часть.

Достоинством транспортной развязки «ветряная мельница» является компактность и отсутствие участков переплетения транспортных потоков, ограничивающих пропускную способность.

Транспортная развязка «ветряная мельница» также имеет очень высокую стоимость (пять путепроводов), хотя заметных преимуществ по сравнению с транспортной развязкой «клеверный лист» при повороте налево транспортный поток не имеет.

4. Полные улучшенные двухуровневые ТР для четырёх направлений

Наиболее распространенной транспортной развязкой на пересечениях дорог высоких категорий в разных уровнях является «клеверный лист» вследствие относительно малой стоимости. «Клеверный лист» — один из немногих типов развязок, который может быть подвержен реконструкции на занимаемой площади без радикального переустройства.

На развязке «клеверный лист» имеются участки переплетения транспортных потоков. На этих участках происходит перераспределение двух транспортных потоков: выезжающих с ЛПО1 и съезжающих на ЛПО4 (рисунок 11).

Применение схемы развязки «клеверный лист» ограничено пропускной способностью участков переплетения.

При расчетной скорости движения на ЛПО до 50км/ч пропускная способность ЛПО 800-1200авт/ч.

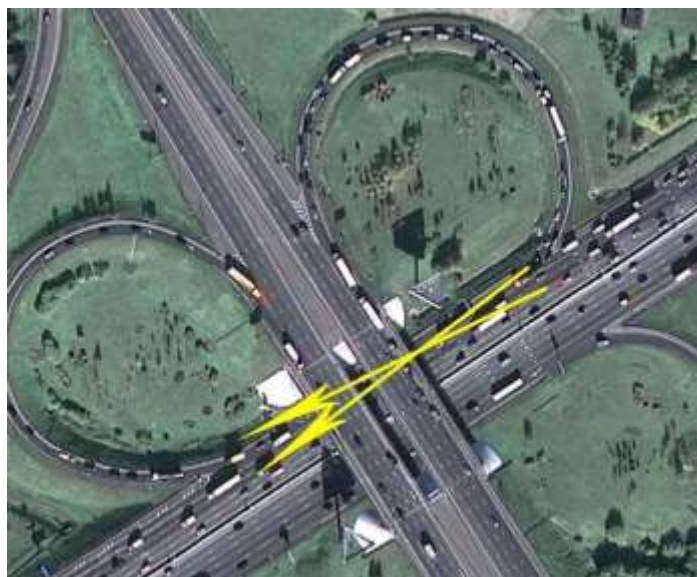


Рисунок 11 - Схема переплетения потоков и образование затора на ЛПО

При наличии на пересечении дорог одного мощного левоповоротного транспортного потока для повышения пропускной способности развязки необходимо исключить участок переплетения потоков и улучшить параметры трассы ЛПО с целью увеличения скорости движения транспорта по этой ЛПО. Для этого взамен петлеобразного соединительного ответвления проектируют полупрямые соединительные ответвления.

Полупрямые левоповоротные соединительные ответвления могут проектироваться как элемент кольца (рисунок 12), огибая часть транспортной развязки. Их называют *улучшенными огибающими* левоповоротными соединениями (УО ЛПО).

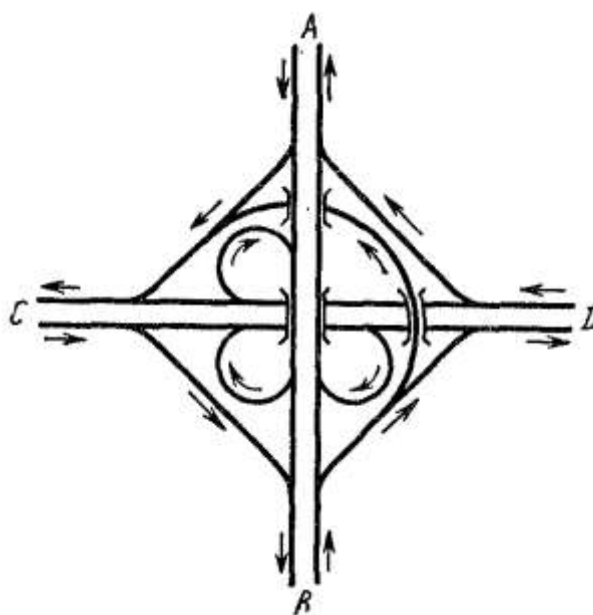


Рисунок 12 - Улучшенная транспортная развязка «клеверный лист»

с улучшенным полупрямым огибающим левоповоротным соединительным ответвлением

Полупрямые левоповоротные соединительные ответвления могут проектироваться как самостоятельный элемент вне основной проезжей части, направленный по кратчайшему расстоянию к сопрягаемой проезжей части (рисунок 13). Их называют *улучшенными направленными* левоповоротными соединительными ответвлениями.

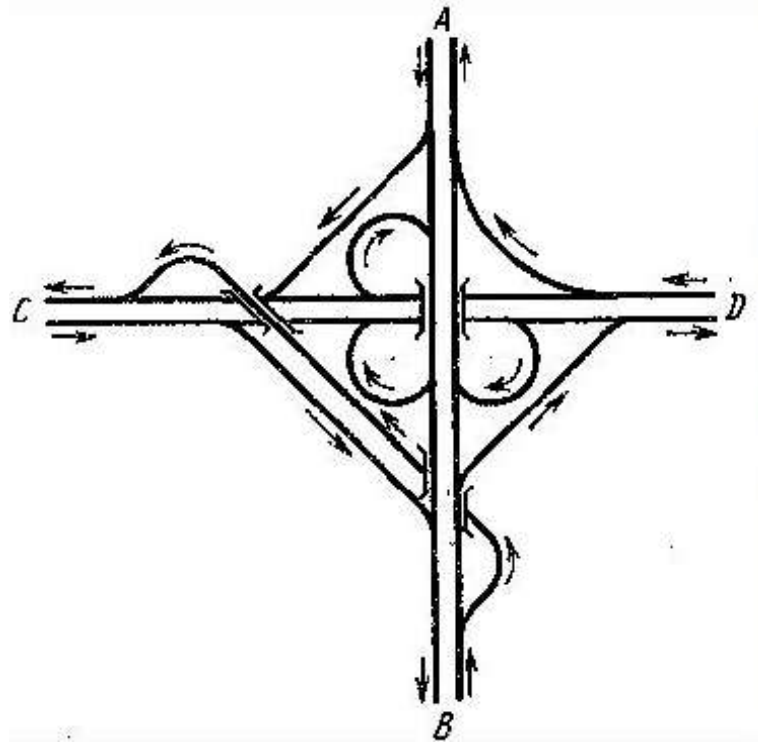


Рисунок 13 - Улучшенная транспортная развязка «клеверный лист» с полупрямым направленным левоповоротным соединительным ответвлением

При наличии на пересечении дорог двух левоповоротных транспортных потоков с большой интенсивностью движения заменяют два петлеобразных левоповоротных соединительных ответвления на улучшенные полупрямые огибающие (рисунок 14) или направленные (рисунок 15).

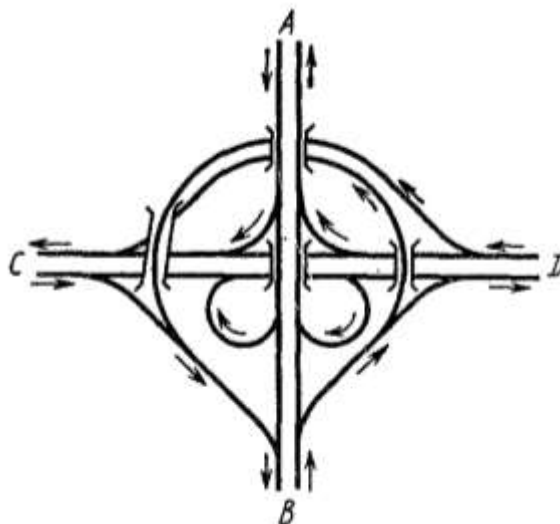


Рисунок 14 - Улучшенная транспортная развязка «клеверный лист» с двумя огибающими левоповоротными соединительными ответвлениями.

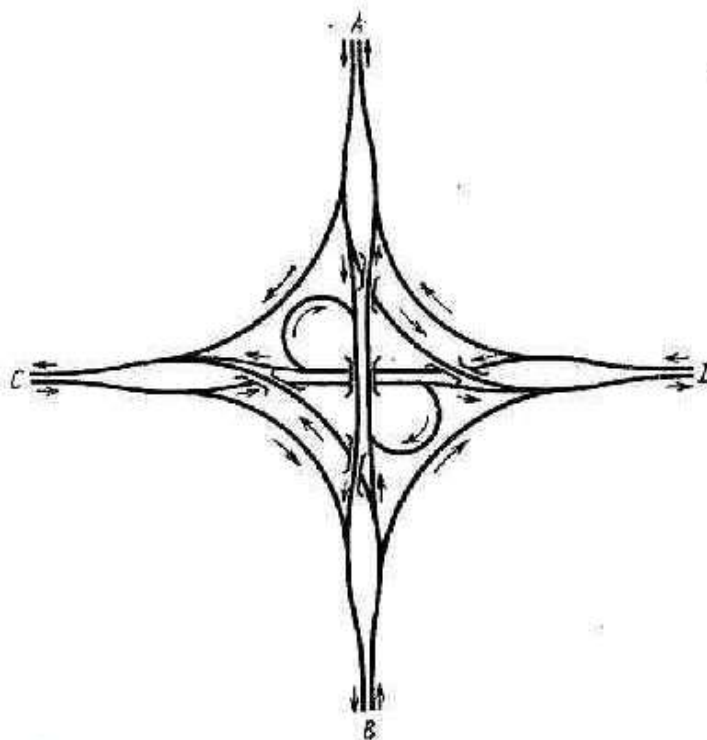


Рисунок 15 - Улучшенная транспортная развязка «клеверный лист» с двумя направленными левоповоротными соединительными ответвлениями

Применение полупрямых огибающих и направленных ЛПО исключает участки переплетения потоков и повышает пропускную способность транспортной развязки.

Огибающие соединительные ответвления более компактны по сравнению с направленными. Применение их оправдано при ограниченной площади земли, выделяемой под транспортную развязку. Существенным их недостатком являются перепробеги транспорта, движущегося налево по сравнению с направленными соединительными ответвлениями.

Для уменьшения площади занимаемых под транспортную развязку земель, перепробегов транспорта совмещают два улучшенные полупрямые соединительные ответвления в одном квадранте (рисунок 16).



Рисунок 16 - Улучшенная транспортная развязка «клеверный лист» с заменой двух петлеобразных ЛПО на полупрямые огибающее и направленное

Рассмотренные выше схемы улучшенных полных развязок на основе транспортной развязки «клеверный лист» не изменяли положения транспортных полос движения по направлениям дорог категории I (автомагистралей и скоростных дорог). Проезжие части пересекающихся дорог по встречным направлениям отделяют разделительной полосой постоянной ширины.

На основе развязки «клеверный лист» применяется схема «раздвинутый «клеверный лист» с отдельным трассированием каждого направления.

На транспортной развязке «раздвинутый клеверный лист» для поворота налево применяют прямые схемы (рисунок 17).



Рисунок 17 - Смещение встречной проезжей части дороги I категории.

На рисунке 17 трасса встречной проезжей части автомагистрали запроектирована отдельно так, что частичное смещение их позволило разместить косой путепровод над улучшенным направленным левоповоротным соединительным ответвлением. Направленное соединительное ответвление начинается по схеме прямого на отмыкании и заканчивается по схеме полупрямого соединения на примыкании к пересекаемой дороге.

Типичным примером раздвижки встречных проезжих частей двух дорог является схема, приведенная на рисунке 18.



Рисунок 18 - Транспортная развязка «раздвинутый клеверный лист» с улучшенными прямыми левоповоротными соединительными ответвлениями

5. ТР для трех направлений

Транспортные развязки для трех направлений делятся на *полные простые и полные улучшенные*.

Основным типом полных простых развязок для трех направлений является *транспортная развязка по схеме «труба»*.

Классическая схема плана трассы транспортной развязки «труба» приведена на рисунке 19.

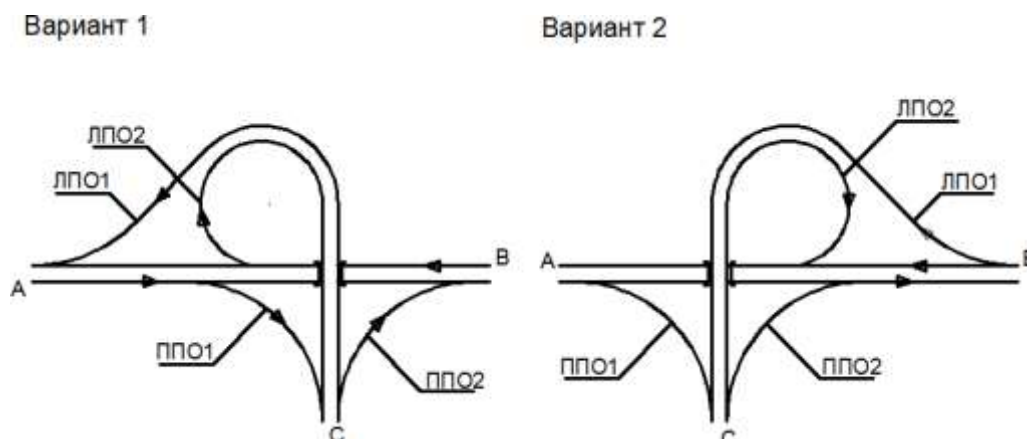


Рисунок 19 - Схема плана трассы классической транспортной развязки «труба»

План трассы транспортной развязки «труба» включает левоповоротные соединительные ответвления ЛПО1 и ЛПО2 и правоповоротные ППО1 и ППО2.

Левоповоротные соединительные ответвления могут быть расположены относительно примыкающей дороги слева (вариант 1) или справа (вариант 2). В первом случае транспортную развязку назовем «*левосторонняя труба*», во втором случае «*правосторонняя труба*».

План трассы соединительного ответвления ЛПО1 обеспечивает лучшие условия движения транспорта по сравнению с петлеобразным планом трассы соединительного ответвления ЛПО2. Поэтому выбор варианта транспортной развязки по типу «труба» («левая труба», «правая труба») зависит от интенсивности движения транспорта по направлению соединительного ответвления ЛПО1.

Обычно интенсивность движения транспортного потока, поворачивающего налево с примыкающей дороги, больше, чем интенсивность движения транспортного потока, поворачивающего налево с основной дороги. Поэтому в обычных условиях в качестве типового решения принимают транспортную развязку «левая труба».

Существенное улучшение условий движения на ЛПО1 возможно при использовании полупрямого огибающего соединительного ответвления (рисунок 20).



Рисунок 20 - План транспортной развязки «левая труба» с полупрямым огибающим ЛПО на примыкании дорог

План трассы транспортной развязки «листовидное примыкание» показан на рисунке 21 .

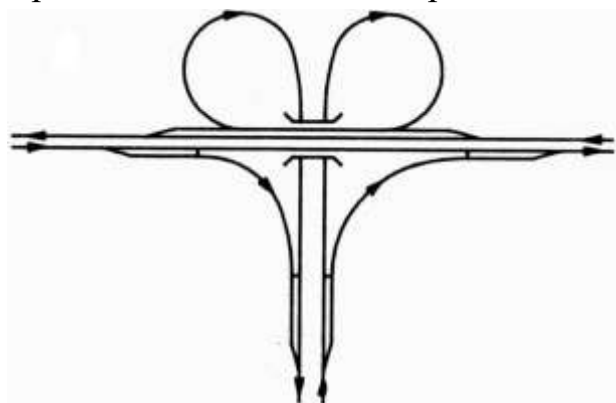


Рисунок 21 - План трассы транспортной развязки «листовидное примыкание»

К транспортным развязкам для трех направлений относится разветвление дорог («вилка») (рисунок 22).



Рисунок 22 - Разветвление дорог «вилка»

Полные улучшенные транспортные развязки для трех направлений включают «грушевидное примыкание», «треугольник с тремя двухуровневыми путепроводами», «треугольник с трехуровневым путепроводом».

Транспортная развязка «грушевидное примыкание» (риунок 23) включает два левоповоротные соединительные ответвления и два правоповоротные соединительные ответвления.



Рисунок 23 - План транспортной развязки «грушевидное примыкание»

Транспортная развязка «примыкание с одним путепроводом в трех уровнях» (рисунок 24) включает два полупрямые направленные левоповоротные соединительные ответвления и два прямые правоповоротные соединительные ответвления.

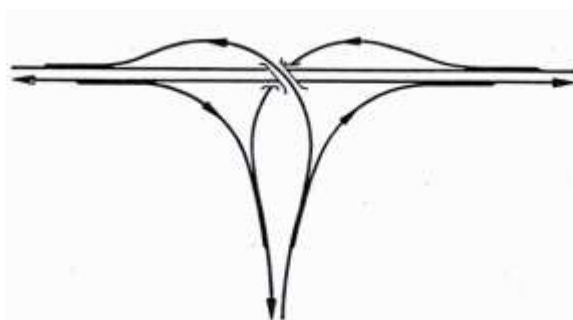


Рисунок 24 - План трассы транспортной развязки «примыкание с одним путепроводом в трех уровнях».

Транспортная развязка «примыкание с одним путепроводом в трех уровнях» целесообразно при больших и почти равных левоповоротных транспортных потоках. Строительные затраты и потребность в площади земель больше, чем у транспортной развязки «труба». Недостатком этой развязки является конструктивная сложность и высокая стоимость трехуровневого путепровода.

Для уменьшения стоимости строительства путепровода его располагают на пересечении трасс левоповоротных соединительных ответвлений и трассы одного направления главной дороги (рисунок 25).



Рисунок 25 - План транспортной развязки «примыкание с одним путепроводом»

Транспортная развязка «треугольник с тремя путепроводами» является развитием транспортной развязки «примыкание с одним путепроводом». Левоповоротные соединительные ответвления отдаляются друг от друга. Трехуровневый путепровод трансформируется в три двухуровневых путепровода (рисунок 26).

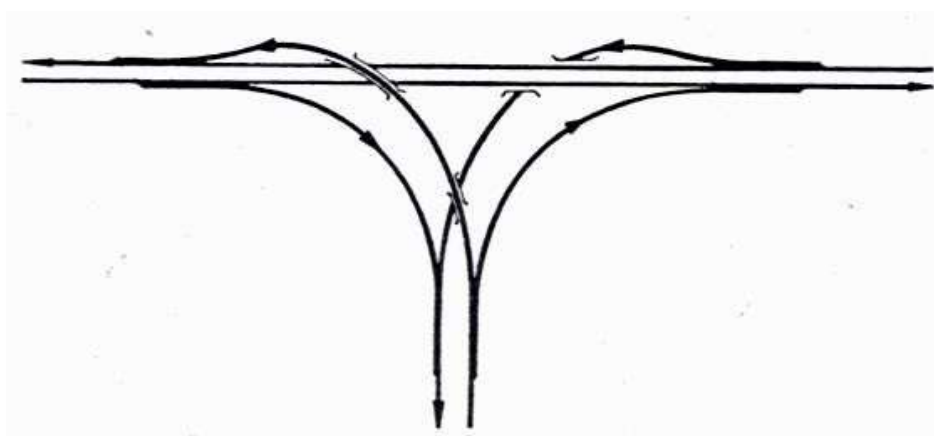


Рисунок 26 - План трассы транспортной развязки «треугольник с тремя путепроводами»

Транспортная развязка «треугольник с тремя путепроводами» имеет большую пропускную способность. Она занимает большую площадь.

6 Неполные ТР

Неполные транспортные развязки допускают пересечение транспортных потоков на второстепенных дорогах. К ним относятся «неполный клеверный лист» и «ромб».

На транспортной развязке «неполный клеверный лист» отсутствует одно или несколько соединительных ответвлений (лево- или правоповоротных).

Дорожной практикой широко используются схемы транспортной развязки «неполный клеверный лист», в которых отсутствуют два левоповоротных и два правоповоротных соединительные ответвления.

Движение поворачивающих транспортных потоков, как правило, должно быть организовано по двум совмещенным двухсторонним соединительным ответвлениям CO1 и CO2 (рисунок 27).

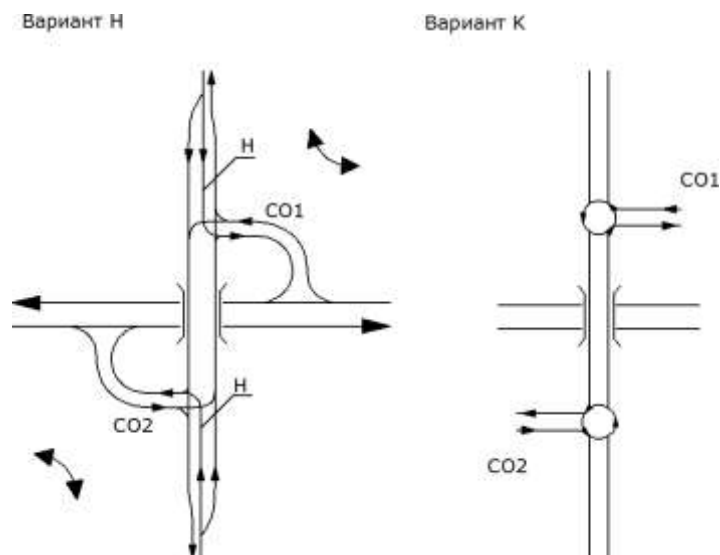


Рисунок 27 - Диагональный неполный клеверный лист со съездами за путепроводом

Соединительное ответвление сопрягается с главной дорогой по схеме правоповоротного примыкания, с второстепенной дорогой по схеме канализированного или кольцевого примыкания.

Для системы транспортной развязки «неполный клеверный лист» имеются две принципиально возможные схемы расположения соединительных ответвлений:

- диагональная с расположением соединительных ответвлений в противоположных квадрантах (рисунок 27);
- симметричная относительно главной дороги (рисунок 28).

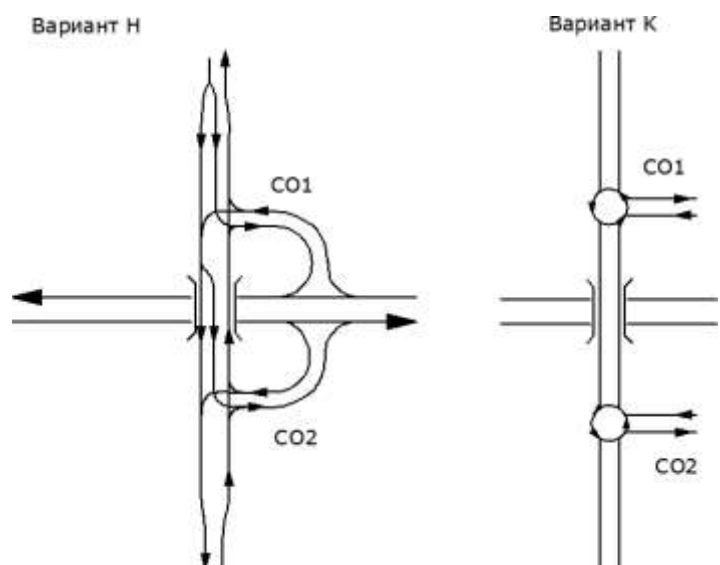


Рисунок 28 - Симметричный «неполный клеверный лист»

На рисунках 27 и 28 представлены примыкания соединительных ответвлений СО1 и СО2 к второстепенной дороге по схеме канализированного примыкания (вариант Н) и по схеме кольца (вариант К).

Кольцевые примыкания соединительных ответвлений СО1 и СО2 на второстепенной дороге можно применять при малой интенсивности движения на второстепенной дороге.

Данные транспортные развязки можно разделить на две группы по схеме примыкания. В случае примыкания соединительного ответвления по схеме канализированного примыкания с накопительной полосой – накопительный диагональный или симметричный «неполный клеверный лист». В случае примыкания по схеме кольца – кольцевой диагональный или симметричный «неполный клеверный лист» (рисунки 29-31).



Рисунок 29 - Кольцевой диагональный «неполный клеверный лист»



Рисунок 30 - Накопительный симметричный «неполный клеверный лист»



Рисунок 31 - Накопительный диагональный «неполный клеверный лист»

Неполная транспортная развязка типа «ромб»

На неполной транспортной развязке типа "ромб" транспортные потоки, движущиеся по прямому направлению главной и второстепенной дорог, пересекаются в разных уровнях с помощью путепровода. При этом главная дорога может располагаться как в верхнем, так и в нижнем уровнях.

Поворачивающие транспортные потоки движутся по четырем совмещенным односторонним соединительным ответвлениям (съездам транспортной развязки). Эти соединительные ответвления на отмыкании и примыкании к второстепенной дороге образуют два узла. В этих узлах организация левоповоротного движения возможна по трем схемам:

- простое отмыкание от второстепенной дороги (рисунок 32);
- отмыкание от второстепенной дороги с накопительной полосы по схеме канализированного примыкания (рисунок 33);
- схема кольцевого пересечения (рисунок 34).



Рисунок 32 - Неполная транспортная развязка «простой ромб»

В соответствии со схемами организации левоповоротного движения уточняют название транспортной развязки «ромб». Если левоповоротное движение осуществляется по схеме *простого* примыкания, то название транспортной развязки «*простой ромб*» (рисунок 32). Если отмыкание левоповоротного движения от второстепенной дороги осуществляется с *накопительной полосы*, то название транспортной развязки «*накопительный ромб*» (рисунок 33).



Рисунок 33 - Неполная транспортная развязка «накопительный ромб»

В случае организации поворотного движения по схеме кольцевого пересечения название неполной транспортной развязки «*кольцевой ромб*».



Рисунок 34 - Неполная транспортная развязка «кольцевой ромб»