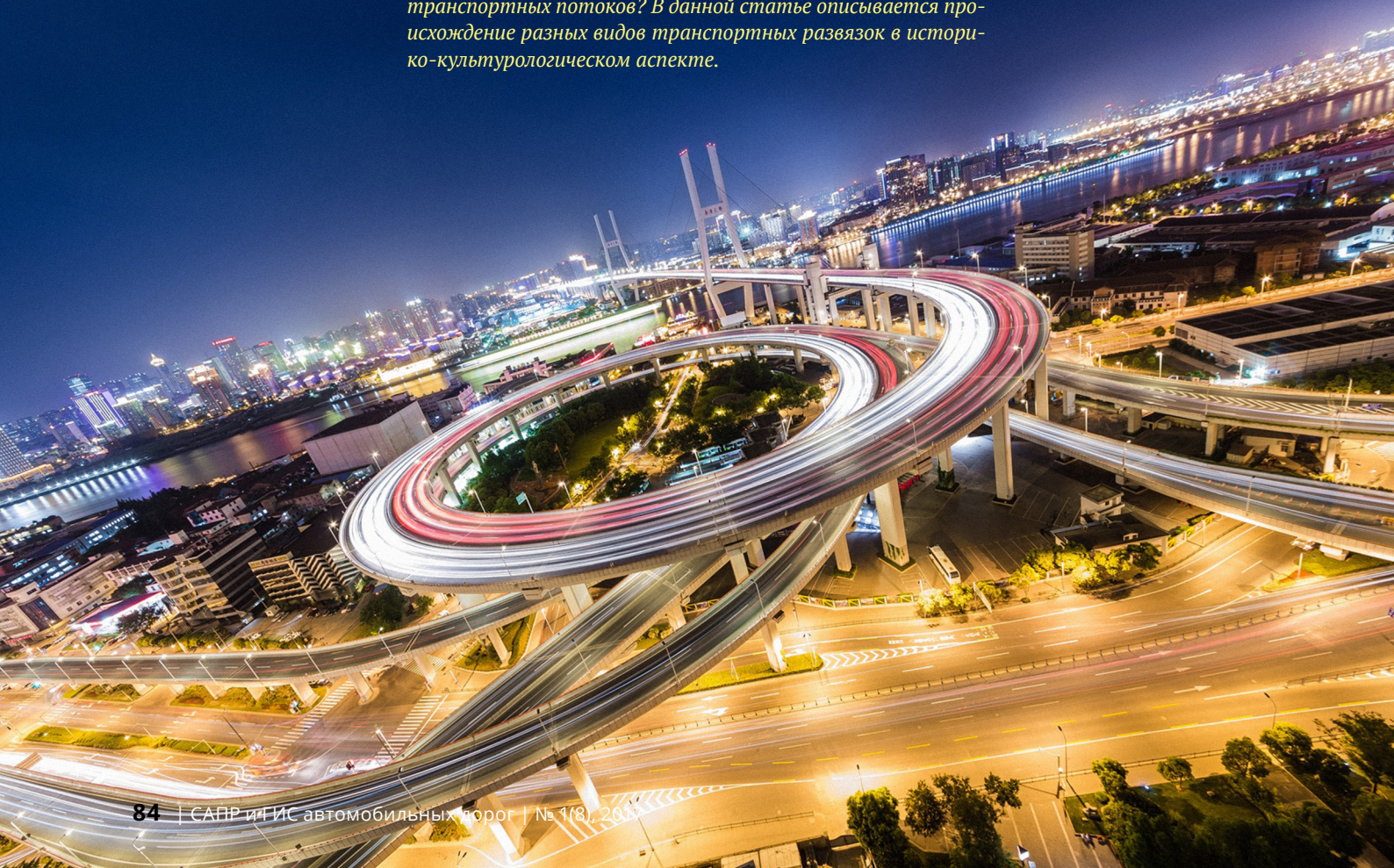


# Генеалогия современных транспортных развязок

DOI: 10.17273/CADGIS.2017.1.12

Кузнецова А.П., начальник отдела продаж ООО «ИндорСофт»  
(г. Томск)

*Термин «транспортная развязка» применим главным образом к местам пересечения автомобильных дорог на разных уровнях и обозначает комплекс сооружений, позволяющий выбирать одно из нескольких возможных направлений. насыпи, мосты, тоннели, эстакады, путепроводы — эти и другие искусственные сооружения в разных комбинациях могут входить в данный комплекс. С развитием дорожного движения транспортные развязки становятся всё сложнее, при этом не меняя своего главного предназначения — сделать пересечение дорог простым и безопасным. История пересечений дорог насыщена, пестра и многообразна. Как со временем менялись схемы и организация движения на пересечениях дорог? Когда появились первые многоуровневые транспортные развязки? Где распутаны самые грандиозные транспортные узлы и реализованы самые амбициозные проекты по разведению транспортных потоков? В данной статье описывается происхождение разных видов транспортных развязок в историко-культурологическом аспекте.*





### Памятники древнейшим перекрёсткам

Во все времена перекрёстки играли особую роль в мире дорог. Место встречи разных направлений, выбора пути часто наделяли магическим, потусторонним смыслом. В античности здесь встречались с богами, в средневековье — с нечистью. В разных культурах это место выделяли камнями, колоннами, крестами, здесь возводились алтари и часовни, чтобы помочь путникам выбрать правильную дорогу и сохранить их от опасности.

До наших дней дошли памятники перекрёсткам древности — статуи многоликих богов, «следящих» за разными направлениями: древнегреческие гермы с изображением покровителя всех странников Гермеса, статуи богини колдовства Гекаты (рис. 1) и её римской «коллеги» — богини трёх дорог Тривии, различные изображения многоликого бога Януса и другие стражи порядков древнейших перепутей [1].

Сохранились архитектурные памятники древнеримским перекрёсткам — четырехстолпные сооружения тетрапилоны (рис. 2) [2] и их разновидности. Фрагменты таких обозначений пересечения главных городских улиц времён империи в наши дни можно увидеть на территориях таких современных государств, как Египет, Иордания, Ливан, Сирия, Турция.

В средние века пересечения дорог считались местом встречи с нечистью, о чём повествует

фольклор разных народов мира, в том числе и древнерусский: «На перекрёстках черти яйца катают, в свайку играют» [3]. Мифологизация перекрёстков продолжалась и в XX в.: американский блюзмен Роберт Джонсон в своих песнях и байках уверял, что мастерство игры он получил благодаря сделке с дьяволом на перекрёстке. Этот мифический перекрёсток со временем приобрёл вполне реальные координаты — пересечение 61 и 49 дорог в Кларксдейл (штат Миссисипи) (рис. 3). Этот сю-

*Рис. 1. За порядком на перекрёстках Древней Эллады призвана была следить богиня колдовства Геката. В ватиканском музее Кьярамонти сохранилась скульптура чародейки, изображённая в трёх телах, одно из которых напоминает путеводную статую Свободы*

*Рис. 2. Архитектурный акцент перекрёстков Римской империи — тетрапилон (г. Пальмира, Сирия, II–III вв.). Это одна из последних фотографий памятника. В феврале 2017 г. во время военных действий он был полностью разрушен*

*Рис. 3. Перекрёсток — излюбленное место встречи с нечистью. Даже в XX в. находились любители заключать здесь свои сделки с дьяволом, как, например, легендарный американский певец, гитарист и автор песен XX в. Роберт Джонсон*

Обозначение пересечения дорог включили в четвёрку первых международных знаков, утверждённых конвенцией по автомобильному передвижению



Рис.4. До XIX в. многие перекрёстки Европы служили погостами для тех, кому путь на христианское кладбище был закрыт. В Лондоне пересечение дорог в районе современной Автобусной Станции считается местом, где в 20-е гг. XIX в. прошло последние придорожное захоронение



Рис. 5. США (а), Китай (б), начало XX в.

жет обыгрывается в песнях музыканта, он же лёг в основу известного фильма «Перекрёсток» (США, 1986 г.).

Перекрёстки средневековья во многих странах мира служили последним пристанищем для тех, чьи тела не допускались на христианское кладбище: разбойников, самоубийц, утопленников и скоморохов. О придорожных захоронениях в Англии свидетельствуют документальные записи вплоть до XIX в. «Там, где сейчас располагается вход на автовокзал (станция Виктории), существует последнее захоронение на перекрёстках Лондона. По легенде, когда хоронили здесь Абея Гриффитса (он убил отца, а потом покончил с собой), то толпа наблюдавших за погребением, создав пробку, задержала карету короля. Георг IV очень разозлился и постановил: больше никаких могил на перекрёстках» [4] (рис. 4).

На Руси, согласно этнографическим исследованиям, на пересечениях дорог устанавливали столбы, чурбаны, в буквальном смысле неотёсанные болваны, воплощавшие умерших прашуров. «Мимо этого столба-чурака ни конный не проезжал, ни пеший не проходил, не принеся какой-либо жертвы или, во всяком случае, не перекрестясь» [5]. Сказки, былинный эпос, тиражируемая картина Виктора Васнецова «Витязь на распутье» первой нашей ассоциацией с перекрёстком делают камень с напустившими надписями по выбору пути. Росстань, развилка, распутье, перепутье, раздоржье, повёртка, расхлёстка, крест, сукрестки — такая богатая синонимичность также свидетельствует о том, что пересечение дорог во все времена было местом особенным, выделялось архитектурно и символически и привлекало к себе повышенное внимание.

С развитием транспортного движения роль перекрёстков в мире дорог приобрела технический характер (рис. 5). Ещё в доавтомобильный период пересечения дорог стали местом, где чаще всего случаются аварии: наезды и столкновения (рис. 6). Поэтому своды правил дорожного движения всех времён уделяют особое внимание безопасности на пересечениях дорог. Так, на билетах петербургских извозчиков конца XVIII в. было написано: «Когда случится подъехать к перекрёстку, тогда ехать тише и осматриваться во все стороны, чтобы кому

повреждения не учинить или с кем не съехаться...» [6].

Обозначение пересечения дорог включили в четвёрку первых международных знаков, утверждённых конвенцией по автомобильному передвижению (г. Париж, 1909 г.).

В XX в. богатый мифами и легендами перекрёсток становится главным героем уже других историй — технических, в которых архитекторы, инженеры и изобретатели разных стран предлагают свои решения задачи по обеспечению безопасности на пересечениях дорог.

Как перекрёстки транспортными развязками становились

С XIX в., чтобы показывать очередность движения «водителям кобыл» и пешеходам, оживлёнными перекрёстками «дирижировали» постовые (рис. 7). Чтобы стать заметней, регулировщики вставали на тумбы, надевали белые перчатки и использовали специальные жезлы. Жезлы были тоже белые, хотя известен период при советской власти, когда их поменяли на красные, пока не выяснилось, что лучше всего на дороге видны контрастные чёрно-белые жезлы.

В 1868 г. на центральном перекрёстке Лондона установили шестиметровую будку со стрелками. Регулировщик вручную задавал положение стрелкам, подавая знак экипажам о возможности движения. Этот аппарат, работавший по принципу железнодорожного семафора, служил безопасности пешеходов. Спустя месяц «английский дедушка светофора» взорвался из-за ночной подсветки керосиновыми фонарями. Взрыв привёл к гибели постового и надолго отбил у англичан интерес к светофорам.

Электрические красно-зелёные светофоры впервые появились в США (г. Кливленд, штат Огайо) в 1914 г. Система из четырёх светофоров управлялась полицейским, сидящим в стеклянной будке в центре перекрёстка. Успех эксперимента привёл к массовой «светофоризации» всей страны.

В СССР первые светофоры установили в 1930 г., сначала в Ленинграде, затем в Москве. Они также управлялись регулировщиком, делая его труд заметней.



Рис. 6. США, г. Бостон, первая треть XX в.



Рис. 7. Московские перекрёстки в начале прошлого века

Поиск технических средств регулирования движения шёл параллельно с поиском вариантов разведения транспортных потоков на пересечениях дорог. Наиболее интересными в этом направлении были эксперименты по организации кругового движения. Так, в 1877 г. француз Юджин Энард предложил свой проект кольцевого пересечения дорог для саморегулируемого безостановочного движения (рис. 8). Это первый проект кольцевой транспортной развязки. Но там, где он задумывался, — на площади Оперы в Париже — проект реализован не был [7].

Первое круговое движение было запущено в Америке в начале XX в. Архитектор Уильям Фелпс Эно разработал и реализовал проект кольцевой развязки, получив признание соотечественников как «отец безопасного движения». Первая кольцевая развязка (рис. 9–10) находится Нью-Йорке на площади им. Х. Колумба (Columbus Circle) [8].

В Великобритании первое кольцевое пересечение было построено в 1909 г. Решение англичанам пришлось по вкусу и в скором времени набрало огромную популярность. Инженеры Великобритании вели активные научно-исследовательские работы. В результате были разработаны и внедрены кольцевые пересечения с малым

диаметром центрального направляющего островка для повышения безопасности. Уже в 50-х гг. в Англии почти все перекрёстки были выполнены в виде малых площадей с круговым движением. Выражение «островок безопасности» для британцев служит синонимом кольцевой [9].

В английском языке используются три термина для разных видов движения на кольцевых: Traffic Circle («движение по кругу»), Rotaries («поворот») и Roundabout («кольцевые пересечения», дословно может переводиться как «карусель»). «Раундэбаут» представляют собой кольцевые пересечения малого и среднего диаметра.

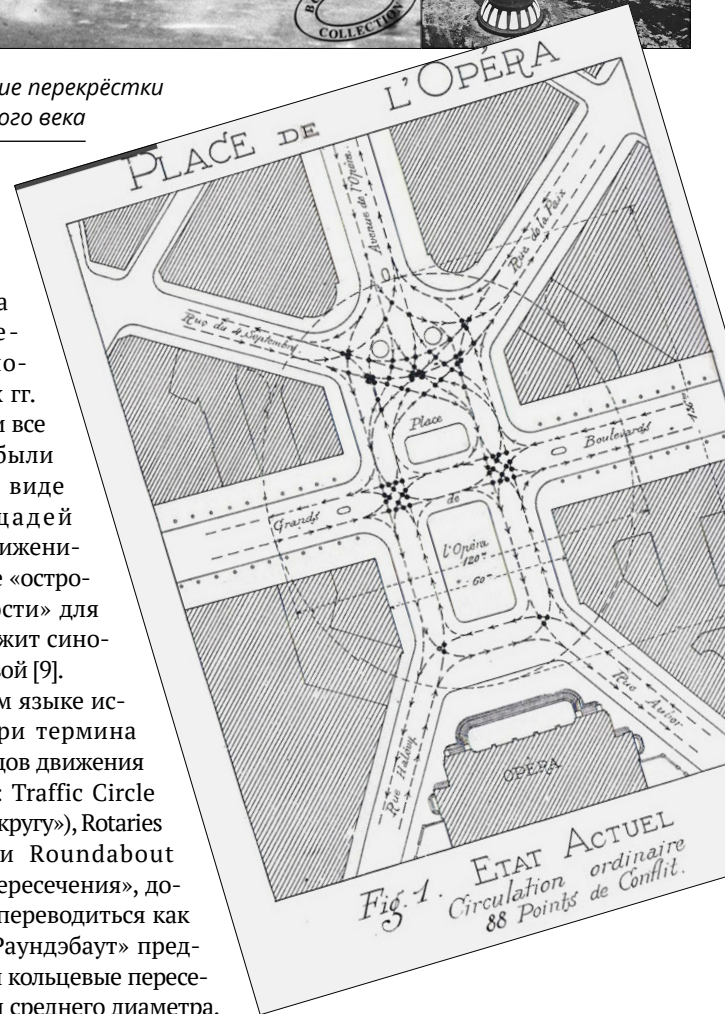


Рис. 8. Проект преобразования площади Оперы в Париже в кольцевую развязку. Париж, 1877 г.



Рис. 9. Пересечение дорог, на котором впервые пустили транспортное движение по кругу. США, Нью-Йорк, Площадь Колумба. Фото 1907 г.

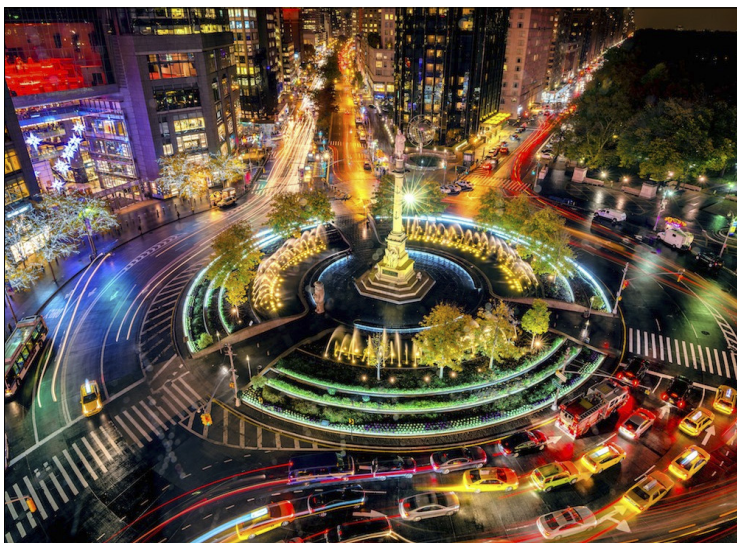


Рис. 10. Перекрёсток с круговым движением на площади Колумба в наши дни



Рис. 11. Дорожные знаки, предупреждающие о приближении кольцевой

Рис. 12. В Англии левостороннее движение, поэтому стрелки на знаке направлены в противоположную от привычной нам сторону

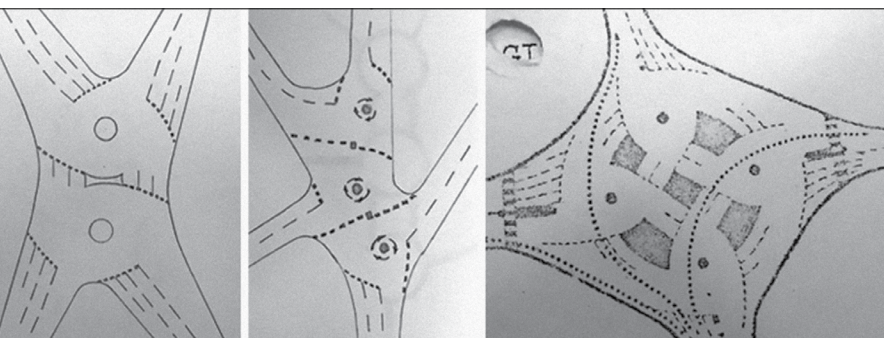


Рис. 13. Рождение «волшебной кольцевой»

Главная идея саморегулируемых пересечений дорог — принцип сотрудничества всех участников движения. Снизив скорость и пропустив тех, кто на кольце, мы делаем движение на пересечении безопасней

Это своего рода островки безопасности, они не отделены, а только выделены на проезжей части, на них могут заезжать большегрузы. На таких кольцевых нельзя поменять полосу. Приоритет движения всегда у тех, кто на круге. Этот вид организации движения в Англии получил огромную популярность (рис. 11–12). Франция и Америка всё активнее перенимают этот опыт.

Хрестоматийный вариант такой развязки был запущен в 1972 г. на одном из перекрёстков г. Суиндон: вокруг центрального круга расположены ещё пять колец. Как и другие «карусели», он нерегулируемый, здесь нет светофоров. Движение по главному кругу осуществляется по часовой стрелке, по мини-кругам для каждого направления — против часовой. 16 стоп-линий. На круг въезжать нельзя, пока слева есть помеха. Машины, выпускающие с круга на дорогу в других точках, на несколько секунд блокируют въезжающих на кольцо. Так решена проблема пересекающихся потоков. Автор проекта — инженер Фрэнк Блэкмор — сравнил единичные круговые перекрёстки с альтернативными прямолинейными, затем начал добавлять двойные, тройные и четверные варианты (рис. 13) [10].

Первое официальное название — «Острова графства» — не прижилось. Развязку прозвали «The magic roundabout» — «волшебной круговой развязкой» или, как называлась популярная в 60-е гг. детская телевизионная программа, «волшебным приключением» (рис. 14).

Британские учёные считают: если водитель помнит, куда он едет и смотрит по сторонам, то пересечь это распутье ему не составит труда [11]. Общественность с этим мнением не согласна, предпочитая регулируемое движение. Многие водители, особенно обескураженные левосторонним движением иностранцы, увидев информационный знак «The magic roundabout» (рис. 15), испытывают шок. Чтобы преимущества кольцевых развязок с саморегулируемым движением становились понятными и привычными, разными общественными организациями ведётся разъяснительная работа. Так, «Общество любителей кольцевых» (British Roundabout Appreciation Society UK) в 2016 г. выпустило календарь, представляющий 12 кольцевых со всего мира, пропагандируя их красоту и безопасность.

Главная идея саморегулируемых пересечений дорог — принцип сотрудничества всех участников движения. Снизив скорость и пропустив тех, кто на кольце, мы делаем движение на пересечении безопасней [12].

Приоритет двигающихся по кольцу перед въезжающими на него в странах Западной Европы начали вводить с конца 50-х гг. С тех пор отмечается рост количества кольцевых. К концу 2005 г. в мире было построено уже свыше 100 тыс. кольцевых пересечений. В СССР первые кольцевые пересечения запускают в 60-е гг. Изначально действовало «правило правой руки» — двигаю-



Рис. 14. The Magic roundabout. Великобритания, г. Суиндон



Рис. 15. Знак кольцевой «Волшебная карусель». Великобритания, г. Суиндон

щиеся по кругу уступали дорогу въезжающим. С 2010 г. приоритет на кольце стали определять знаки «Уступи дорогу» или «Движение без остановки запрещено». Это несколько усложнило ситуацию, заставляя водителей быть внимательней перед въездом на кольцо, при этом замедляя движение транспортных потоков. Несмотря на это, саморегулируемые кольцевые пересечения имеют длинный ряд инженерных, экономических и эстетических преимуществ, что обеспечивает дальнейший рост практики их применения.

### «Клеверные листья», «спагетти», «бриллианты» из расходящихся дорог

Вскоре после того как возникла идея строительства скоростных автострад, инженеры начали размышлять над

тем, как дороги будут пересекаться, чтобы не создавать заторы. Уже на заре автомобилизации было очевидно, что обычный перекресток, требующий снижения скорости и даже остановки, не совместим со скоростной магистралью. Давние мечты о двухуровневых пересечениях в начале XX в. в разных странах стали претворять в реальные схемы и чертежи. Первый патент на проект двухуровневого пересечения дорог (street crossing) по типу клеверного листа (рис. 16) был выдан в Америке в 1912 г. [13]. Спустя 16 лет его реализовали на автомагистрали US-1 «Пенсильвания—Турнпайк» (Вудбридж, Нью-Джерси, США) — движение по первому в мире клеверу открыли в 1928 г.

Современный практик и теоретик проектирования транспортных объектов Дж.П. Лейч делит эволюцию транс-

портных развязок Северной Америки на три этапа.

**20–50-е гг. — распространение транспортных развязок в нескольких уровнях.** Уже в 30-е гг. в США насчитывалось более 125 таких развязок. Наиболее популярные пересечения были выполнены по типу клеверного листа, неполного клеверного листа и распределительного кольца с двумя и пятью путепроводами.

Немцы внимательно изучали опыт американцев. В первой трети XX в. они также были озабочены строительством межнациональной сети скоростных дорог. Известна их классификация, разработанная во Франкфурте-на-Майне, по которой схемы пересечений именовались по этапам развития европейской архитектуры: готическое, барокко, ренессанс (рис. 17) и другие.

К концу 30-х гг. идеи строительства двухуровневых развязок также активно продвигались в Европе и в СССР. Проектов было множество, но реализовать их до начала Второй мировой войны успели единицы.

В 1944 г. в США были изданы первые технические условия на проектирование транспортных развязок, где были описаны назначения геометрических элементов, а скорости на съездах увязаны со скоростями на подходящих к транспортной развязке дорогах.

**50-80-е гг. — анализ накопленного опыта эксплуатации и эксперименты по исправлению ошибок.** Главная проблема «клеверных листьев» — это поворот налево, приводящий к ча-

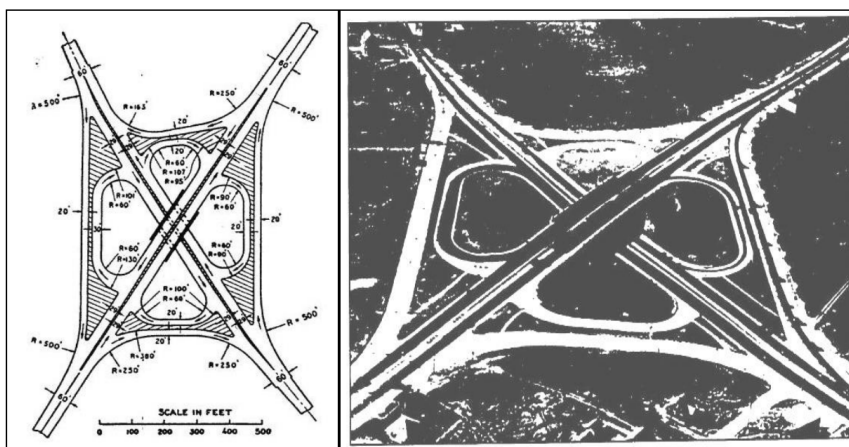


Рис. 16. Первый построенный «клеверный лист». US-1, Вудбридж, Нью-Джерси, США, 1928 г.

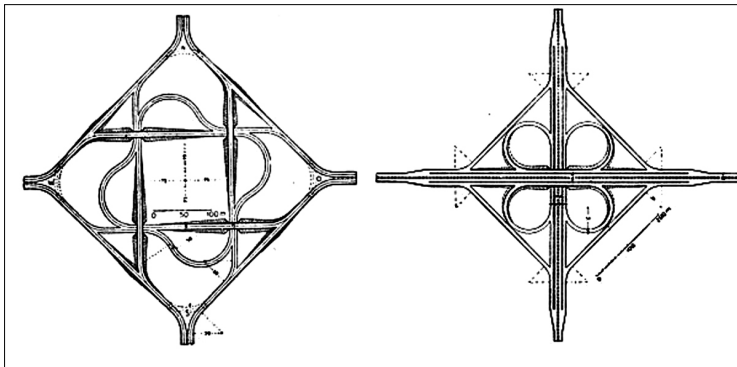


Рис. 17. «Барокко» и «Ренессанс» — так назывались схемы в первой немецкой классификации многоуровневых развязок, предложенной в 1938 г.



Рис. 18. Открытие одного из первых «клеверов» в Европе. Швейцария, г. Стокгольм, 1935 г.

стым столкновениям и создающий самозапира-ние транспортных потоков в условиях растущего траффика. На этом этапе инженеры стали учитывать человеческий фактор: поведение водителей на развязках, их ожидания на дороге влияли на проектные решения. Важно, чтобы дорога была понятной. Это привело к массовой реконструкции «клеверов» — их дополняли направленными съездами, особое внимание уделяя разметке, знакам, направляющим бордюрам и островкам.

Естественная эволюция классического клевера привела к появлению дифференцированного клевера: вместо пары съездов, блокирующих конфликт потоков начали строить отдельные съезды. При такой конструкции при движении по любому из пересекающихся шоссе сначала следует съезд для всех желающих выйти с основного шоссе, и лишь затем — заезд с пересекающегося шоссе.

При такой конструкции развязки съезды стали длиннее, соответственно, увеличился радиус поворота, что в итоге повысило скорость передвижения по ней. В некоторых случаях для удлинения коротких петлевых съездов используют дополнительные уровни развязки.

Новые правила проектирования дорожных развязок (Design Policy and the second generation of the Highway Capacity Manual) создавались уже с учётом ошибок прошлых лет.

Активную работу по геометрии проектирования дорог вёл инженер Лейч-старший — один из самых известных в своей профессии новаторов, эмигрировавший из революционной России. В США он сделал головокружительную карьеру инженера-проектировщика. Его идеи влияли на стратегию транспортного развития США и Канады. Лейч-старший для каждой транспортной развязки создавал схемы с учётом их назначения (сельские, пригородные, городские) и объёма траффика пересекающихся дорог. При выборе схемы он принимал во внимание экономические показатели, а также поведение водителей на дороге. Эти идеи развивает и продвигает в наши дни Джоэль П. Лейч-младший, выступая с лекциями по всему миру.

В СССР первая транспортная развязка по типу клеверного листа была запроектирована в 1936 г. для пересечения автомагистрали Москва—Минск с дорогой Витебск—Смоленск. Но построена она была уже после войны [14].



Рис. 19. Савёловская эстакада — трёхуровневая транспортная развязка, построенная в Москве в 1965 г.



Рис. 20. Грейвелли Хилл — шестиуровневая развязка, открытая в Англии в 1972 г. и прозванная за свою путанность «спагетти», что стало именем нарицательным для сложных стековых развязок



Рис. 21. Современные кольцевые транспортные развязки

Сразу 42 разноуровневых пересечения, 8 из которых были выполнены по типу полного клеверного листа, открыли для движения в 1962 г. в столице. Московская кольцевая автомобильная дорога (МКАД) долгое время оставалась крупнейшим комплексом транспортных сооружений страны.

В 1964 г. в СССР были разработаны технические указания по проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог. За «железным занавесом» западный опыт на официальном уровне был неинтересен, и на тот момент признанный устаревшим «классический клеверный лист» продолжал опутывать наши городские шоссе и междугородние магистрали (рис. 19).

Устранение ошибок прошлого в некоторых случаях привело к появлению новых. Ярчайшим образцом чрезмерного увлечения идеей разведения транспортных потоков и сокращения возможностей сделать поворот служит шестиуровневая развязка Грейвелли Хилл Стаффордширского транспортного узла (рис. 20). Она была запущена в Бирмингеме (Великобритания) в 1972 г. Газетные журналисты сравнили её с клубком брошенных на тарелку спагетти. Сравнение прижилось, и теперь сложные стековые (или накопительные) развязки повсеместно называют «спагетти». Пропустив нужный съезд, водитель теряет массу времени на поиск возможности вернуться к своему направлению.

Такие транспортные развязки требуют огромных площадей. Так, под Грейвелли Хилл отведено 30 гектаров земли. При её строительстве снесли завод, 160 домов, небоскрёб, банк, паб, перенесли 250 тысяч рыб в местный бассейн.

**На современном этапе эволюции** транспортных развязок разведение транспортных потоков идёт иным путём. Особое внимание инженеры уделяют психологии восприятия водителем дороги: выбор пути должен быть простым, а возможность разворота должна сохраняться в рамках разумных пределов. Для этого увели-

чивают длину слияния и расхождения съездов, чтобы видимость пересечения была лучше; разрабатывают двухполосные выходы и входы; оценивают скорость, безопасную для таких переходов. Особое внимание уделяют геометрии (направляющим островкам, бордюрам), маркировке, знакам, чтобы упростить водителю поиск своего направления (рис. 21).

Новинками в числе схем транспортных развязок за последнее тридцатилетие стали «расходящийся бриллиант» (Double Crossover Diamond /

На современном этапе... особое внимание инженеры уделяют психологии восприятия водителем дороги: выбор пути должен быть простым, а возможность разворота должна сохраняться в рамках разумных пределов.



Рис. 22. Одна из последних новинок в схемах транспортных развязок — «расходящийся бриллиант»





Рис. 23. Бусиновская транспортная развязка стала первой пятиуровневой в России в 2015 г.

Diverging Diamond) (рис. 22) и развязки, включающие в себя современные кольцевые пересечения (roundabout). Важен геометрический элемент разведения потоков, позволяющий проще ориентироваться на транспортной развязке. Такие схемы более компактны, сохраняют возможность разворота, островки заставляют водителей сбросить скорость, что повышает безопасность на пересечении дорог.

Дальнейшую эволюцию транспортных развязок на уровне схем сложно вообразить. Сейчас развитие идёт в рамках концепции интеллектуальной транспортной системы, нацеленной на увеличение пропускной способности дорог.

### Многоуровневое будущее транспортных узлов

В начале XX в. двухуровневые развязки по типу классического клеверного листа были настоящим шедевром инженерного творчества. Уже к середине прошлого века рост трафика вызвал необходимость в реконструкции классических клеверов. «Лепестки» стали дополнять направленными съездами, разделяющими потоки. Дифференцированный клевер в XXI в. получил официальное признание и в России. Так, в 2015 г. в Москве полностью открыли для движения Бусиновскую развязку (рис. 23), ставшую первой пятиуровневой в стране.

Глубокий анализ опыта эксплуатации транспортных развязок XX в. позволяет исключить ошибки прошлого при современном проектировании. Создавая транспортные развязки сегодня, инженеры обязательно учитывают развитие трафика, его плотность, направления потоков, стремятся увеличить пропускную способность пересечений, не забывая о требова-

ниях безопасности. Проектировщики принимают во внимание поведение водителя и его ожидания на дороге, увеличивая дальность видимости, совершенствуя простоту следования своему направлению геометрией, разметкой, знаками, и стараются оставить возможность разворота, даже если допущена ошибка при выборе пути. ■

#### Литература:

1. Мифы народов мира: Энцикл.: в 2 т. / гл. ред. С.А. Токарев. 2-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1987. Т. I. 671 с.
2. Чубова А.П., Касперавичюс М.М., Саверкина И.И., Сидорова Н.А. Искусство Восточного Средиземноморья I-IV веков. М.: Искусство, 1985. 255 с.
3. Разинов Ю.А. Символика перекрёстка // Вестник Самарской гуманитарной академии. Сер. Философия. Филология. 2010. № 1(7). С. 123–130.
4. Захоронения на перекрёстках: мифология и места на карте. URL: <http://www.diary.ru/~Grabschonheiten/p181473309.htm> (дата обращения: 12.07.2017).
5. Криничная Н.А. Русская народная мифологическая проза. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2000.
6. Билет извозчику в 1795 г. // Русская старина, 1896. Т. 85. № 1. С. 122–124. Сетевая версия М.: Вознесенский, 2006.
7. Инфографика недели: город до и после: Круговое движение, ступенчатый бульвар и другие урбанистические инновации Эжена Энара // Интернет-журнал Arzamas. URL: <http://arzamas.academy/mag/226-infographic-hernand> (дата обращения: 12.07.2017).
8. Нью-Йорк для всех и для каждого: Площадь Колумба // Персональный блог Blog-post.ru. URL: <http://newyork4rus.blogspot.ru/2015/10/blog-post.html> (дата обращения: 12.07.2017).
9. Липницкий А.С., Михайлов А.Ю. Компактные кольцевые пересечения — возможности применения и особенности проектирования Эжена Энара. [http://transport.istu.edu/downloads/round\\_3.pdf](http://transport.istu.edu/downloads/round_3.pdf) (дата обращения: 12.07.2017).
10. Волшебная круговая развязка: кругосветное путешествие по самой сложной дорожной развязке в мире // Geektimes — сообщество людей, занятых в индустрии высоких технологий. URL: <https://geektimes.ru/post/279094/> (дата обращения: 12.07.2017).
11. Современные кольцевые пересечения / А.В. Зедгенизов [и др.] Иркутск: Иркутский государственный технический университет, 2009. 106 с. Деп. в ВИНТИ 24.12.2009, № 823.
12. Юсупова Ю.Х. Эволюция проектирования дорожных кольцевых пересечений // История науки и техники. 2012. № 10. С. 61–66.
13. Joel P. Leisch. Evolution of Interchange Design in North America // Presentation at the Geometric Design-Learning from the Past Session of the 2014 Conference of the Transportation Association of Canada. URL: <http://conf.tac-atc.ca/english/annualconference/tac2014/s-30/morrall.pdf> (дата обращения: 12.07.2017).
14. Гохман В.А., Визгалов В.М., Поляков М.П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог. М.: Выssh. шк., 1989.