

А. А. ПРОЗОРОВСКАЯ, А. В. СТЕПАНЧУК

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ УЛИЦ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Проведены экспериментальные и расчётные исследования скорости транспортных средств и пропускной способности в двухуровневых развязках г. Киева.

Ключевые слова: интенсивность движения, пропускная способность, скорость транспортных средств, транспортная развязка.

Актуальность темы

Современному обществу необходимо увеличение транспортных сообщений, повышение их надёжности, безопасности и качества, что ведёт к увеличению затрат на улучшение инфраструктуры транспортной сети, превращение её в гибкую, управляемую логическую систему. При этом риск инвестиций значительно возрастает, если не учитывать закономерности развития транспортной сети, распределения загрузки её участков. Игнорирование этих закономерностей приводит к образованию заторов, перегрузки и недогрузки линий и узлов сети, к экологическим убыткам, повышается уровень аварийности.

Для поиска эффективных стратегий управления транспортными потоками в городах, оптимальных решений по проектированию улично-дорожной сети и организации дорожного движения необходимо учитывать широкий спектр характеристик транспортного потока, закономерности влияния внешних и внутренних факторов на динамические характеристики смешанного потока.

Основная часть

Пропускную способность и безопасность движения на всей улично-дорожной сети города во многом определяют типы транспортных развязок и схемы организации движения на них. Зоны транспортных развязок являются местом значительного снижения скоростей движения, повышенной аварийности, высокой концентрации выхлопных газов и высокого уровня транспортного шума.

Устройство пересечений городских магистралей в разных уровнях даёт возможность увеличить пропускную способность транспортных узлов, повысить скорость и безопасность движе-

ния, ликвидировать или значительно уменьшить задержки транспорта и пешеходов на перекрёстках и площадях, сократить излишние расходы, вызываемые задержками и снижением скорости движения транспорта.

Качество проектируемого пересечения в разных уровнях определяется не только качеством пересекающихся дорог, но и всех соединительных съездов, предназначенных для пропуска потоков автомобилей. Только всесторонняя оценка каждого направления движения и всей транспортной развязки в целом позволит получить проект пересечения дорог в разных уровнях, отвечающий современным требованиям движения автомобильного транспорта.

Пропускная способность пересечений в разных уровнях определяется пропускной способностью их съездов. Основные факторы, что влияют на пропускную способность съездов транспортных развязок, следующие: возможность вливания автомобилей в основной поток при выходе со съезда и размеры геометрических элементов съезда.

Увеличения пропускной способности участков примыкания съездов можно достичь, используя переходно-скоростные полосы или используя отдельные полосы на главной дороге. Устройство дополнительных полос на съездах существенного эффекта не даст, поскольку в зоне слияния они работают как однополосные. Однако на съездах длиннее 300 м, расположенных на подъёме с уклоном более 30%, дополнительная полоса целесообразна для повышения пропускной способности и удобства движения автомобиле на высоких скоростях [1].

Под пропускной способностью транспортной развязки следует понимать максимальное число автомобилей, которое пропускают обе пересекающиеся дороги при перспективных (расчётных) интенсивностях движения по съездам.

Пропускная способность съезда транспортной развязки представляет собой максимальное количество автомобилей, которое может свободно вливаться в основной поток улицы со съезда в единицу времени. Пропускную способность всей транспортной развязки определяют как сумму пропускных способностей отдельных съездов.

Основными факторами, оказывающими влияние на пропускную способность съездов транспортных развязок, являются: категории пересекающихся улиц; интенсивность и состав движения на этих дорогах; тип транспортной развязки; условия впадения съездов в проезжие части улицы (угол, под которым съезд примыкает к улице, наличие переходно-скоростных полос); размеры геометрических элементов съездов, которые зависят главным образом от расчётной скорости движения.

На пересечениях дорог в разных уровнях взаимодействуют одновременно несколько потоков автомобилей, составы движения которых могут изменяться в широких пределах.

Для оценки транспортного потока на съездах развязки нужно рассматривать следующие параметры: интенсивность, скорость движения, плотность, интервалы времени между автомобилями.

Максимальную интенсивность движения на съезде из условия возможности свободного вливания автомобиля в основной поток дороги определяем по формуле [2].

$$N_c = N_0 \left(A \frac{e^{-\beta_1 m \Delta t_{cp}}}{1 - e^{-\beta_1 m \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_2 m \Delta t_{cp}}}{1 - e^{-\beta_2 m \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_3 m \Delta t_{cp}}}{1 - e^{-\beta_3 m \delta t}} \right), \quad (1)$$

где N_c – интенсивность движения на основной полосе улицы, авт/ч; $A, B, C, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ – коэффициенты, определяющие состояние потока на основной полосе улицы; m – параметр, равный $N_0/3600$; Δt_{cp} – граничный интервал времени при вливании; δt – интервал времени между автомобилями, вливающимися со съезда в транспортный поток на основной полосе улицы, с.

При определении интенсивности движения в местах слияния нужно учитывать распределение интенсивности движения по съездам в соответствии с заданной картограммой, а также распределение интенсивности движения по отдельным полосам проезжей части на многополосной улице.

Данные о характере скоростного режима необходимы для расчёта пропускной способности пересечений, а также для проектирования планировочных решений и изучения траекторий движения транспорта на них. Любое снижение скорости движения транспортного потока, вплоть до остановки, по сравнению с расчётной скоростью для любого пересечения приводит к

потерям времени и соответствующим экономическим издержкам.

Интервалы времени между автомобилями, движущимися по главному направлению (в основном потоке), различны и теоретически колеблются, поэтому в момент подхода автомобиля, движущегося по съезду, в основном потоке может наблюдаться любой интервал. В зависимости от имеющегося интервала между автомобилями основного потока водитель автомобиля, движущегося по съезду, принимает решение о выполнении маневра вливания или ожидания появления более приемлемого интервала. Интервал, принятый одним водителем, может быть отвергнут другим. Поэтому при расчёте пропускной способности съездов надо задаваться величиной граничного интервала в основном потоке с определённой вероятностью принятия.

Учитывая это обстоятельство и тот факт, что коэффициенты загрузки участков въезда и зон переплетения определяются относительно перспективных интенсивностей движения по съездам, выполним анализ состояния пропускной способности транспортных развязок в городе Киеве.

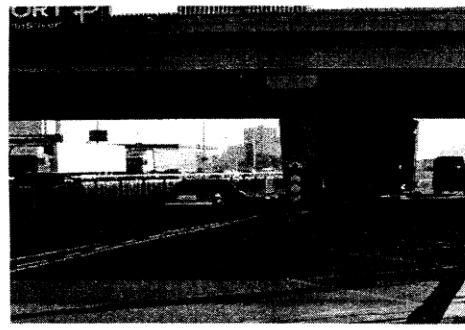
Рассмотрим многоуровневую развязку Киева возле метро Позняки (пересечение пр. Бажана и пр. Григоренко), реконструкция которой была произведена в апреле 2012 года. После реконструкции данная развязка имеет вид полного клеверного листа, однако есть некоторые отличия. Главный поток автомобилей движется по проспекту Бажана по четырём полосам движения в одном направлении, а для выполнения поворота налево и организации остановок общественного транспорта были добавлены ещё две отдельные полосы движения (рис. 1). На пр. Григоренко автомобили движутся по трём полосам в одном направлении.

На развязках были проведены наблюдения за транспортными потоками до и после проведения работ по её реконструкции. Во время проведения такого исследования были использованы следующие основные методики измерений характеристик транспортных потоков на многоуровневых развязках: наблюдение за движением автомобилей при различной интенсивности и составе транспортного потока; наблюдение за автомобилями, образующими поток в группах (пачках); наблюдение за отдельными участками развязки. Картограмма интенсивности движения на пересечении пр. Бажана и пр. Григоренко до и после реконструкции изображена на рис. 2.

Из теории транспортных потоков известно, что зависимость между средней скоростью

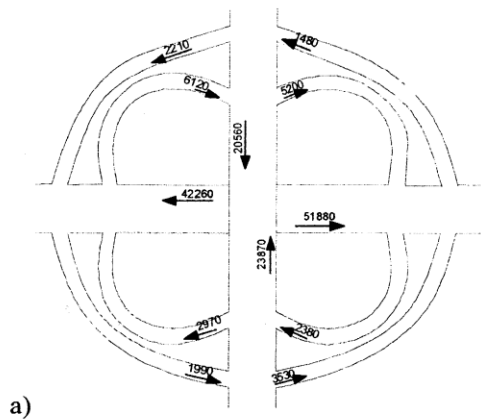


а)

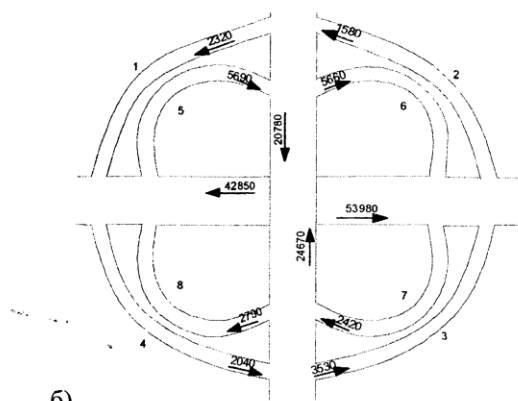


б)

Рис. 1. Двухуровневая развязка на пересечении пр. Бажана и пр. Григоренко в г. Киеве:
а) до реконструкции;
б) после реконструкции



а)



б)

Рис. 2. Картограмма интенсивности движения:
а) пересечение пр. Бажана и пр. Григоренко до реконструкции;
б) пересечение пр. Бажана и пр. Григоренко после реконструкции

потока и интенсивностью движения непостоянна и меняется с ростом интенсивности.

В процессе наблюдений производили измерения скоростей движения автомобилей по съезду и фиксировали интенсивность потоков на нём.

Для получения зависимости распределения скоростей от интенсивности наблюдения проводились при различных интенсивностях движения, в различное время суток. Необходимо было получить картину интенсивности движения. Особое внимание уделялось предзаторным и заторным состояниям, при которых работает большинство магистралей уличной сети.

В результате обработки данных наблюдений, характеризующих снижение скорости при росте интенсивности на развязках с многополосной проезжей частью, установлено, что на полосах движения со съезда и на съезде скорость автомобилей резко уменьшается. Наличие в транспортном потоке различных типов автомобилей вызывает неоднородность скоростей. Это влияет на максимальную пропускную способность.

С увеличением в транспортном потоке пассажирских и грузовых автомобилей пропускная способность резко уменьшается.

На развязке пр. Бажана и пр. Григоренко были проведены статистические исследования скорости на съездах: был произведён замер скорости движения автомобилей на каждом съезде (табл. 1). Распределение скоростей движения автомобилей имеет большое значение в оценке пропускной способности. Прежде всего, интерес представляют средние скорости движения потока (50%-я – обеспеченность и скорость движения и 85%-я обеспеченность [3]).

Проведённые исследования показали, что величина интервалов равна 4,6 с для 50%-го уровня обеспеченности и 6,0 с для 85%-го. При увеличении интенсивности движения транспорта величина интервалов уменьшается до 3,2 с для 50%-й обеспеченности и до 4,3 с для 85%-й обеспеченности.

Основные характеристики съездов развязки на пересечении
пр. Бажана и пр. Григоренко в г. Киеве

Номер съезда	Интенсивность движения, авт./ч	Скорость (50% – обеспеченность), км/ч	Скорость (85%-я – обеспеченность), км/ч	Пропускная способность, авт./ч
1	150	37,7	42,8	1590
2	102	37,5	44,3	1630
3	228	35,5	41,4	1590
4	132	33,1	39,0	1630
5	372	35,0	43,0	1660
6	366	36,7	42,6	1570
7	156	33,0	42,4	1660
8	180	37,9	47,6	1570

Выводы

На данных развязках большое влияние на скорость автомобилей, что вливаются в поток со съездов, и автомобилей, поворачивающих на съезд, влияют размещения пассажирских остановок и наличие припаркованных автомобилей на проезжей части. Это основная проблема, влияющая на пропускную способность пересечений на разных уровнях. Планировочные характеристики и характер размещения автобусных остановок также влияют на режим движения транспортных средств. Экспериментальные и расчётные исследования транспортных потоков на многоуровневых развязках улично-дорожной сети города Киева, а именно на примере пересечения пр. Бажана и пр. Григоренко показали, что наличие отдельной полосы движения для автомобилей, которые поворачивают на съезд (вливаются в поток со съезда), увеличивает пропускную способность всей развязки на 12%.

Поэтому введение отдельной полосы движения для выезда на съезд двухуровневой развязки, как эффективного фактора по решению задач пропускной способности не только двухуровневого пересечения, но и всей улично-дорожной сети города Киева, является бесспорным приоритетным направлением, которое требует дальнейшего детального изучения и внедрения на всех проблематичных пересечениях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сильянов, В. В. Теория транспортных потоков проектирования дорог и организации движения / В. В. Сильянов. – М. : Транспорт, 1977. – 303 с.
2. Гохман, В. А. Пересечение и примыкание автомобильных дорог / В. А. Гохман, В. М. Визгалов, М. П. Поляков. – М. : Высш. шк., 1989. – 319 с.
3. Мартяхин, Д. С. Повышение пропускной способности при проектировании съездов городских транспортных развязок: автореферат дис.... канд. техн. наук: 05.23.11/ Московский автомобильно-дорожный институт (государственного технического университета), М., 2008. – 18 с.

.....

Прозоровская Анна Александровна, аспирант кафедры реконструкции аэропортов и автодорог Национального авиационного университета (Украина, Киев). Имеет статьи в области особенностей проектирования элементов пересечений улично-дорожной сети городов.

Степанчук Александр Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры реконструкции аэропортов и автодорог Национального авиационного университета (Украина, Киев). Имеет статьи в области проектирования улично-дорожной сети населённых пунктов; организации и безопасности дорожного движения; транспортных систем городов.