



16-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos
TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,
 vykusios 2013 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers ‘Science – Future of Lithuania’
TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 8 May 2013, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 16-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»
ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 8 мая 2013 г., Вильнюс, Литва

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ДВУХУРОВНЕВЫХ РАЗВЯЗОК КИЕВА

Александр Воевода¹, Мария Маликова², Наталия Бондаренко³,
 Владислав Третьяк⁴, Александр Степанчук⁵

^{1,2,3,4,5} *Национальный авиационный университет, проспект Комарова 1, 03058 Киев, Украина*
 Эл. почта: ¹poslanec-70faa@ukr.net; ²perlovka91@yandex.ru; ³NatashaBond2007@yandex.ru;
⁴mrVlad.Tretyak@mail.ru; ⁵olst.ph@mail.ru

Аннотация. Проведен общий анализ возникновения осложнений беспрепятственного проезда по двухуровневым развязкам города Киев на примере Индустриального путепровода, а также приведены некоторые способы решения данных осложнений.

Ключевые слова: узкие места, пропускная способность, транспортные потоки, путепроводы, светофорный цикл, место-горлышко.

Постановка проблемы

Киев, как и любой город, представляет собой сложную пространственную систему, которая включает в себя большое множество подсистем. Одной из важнейших является транспортная подсистема. Главное условие для ее правильного функционирования – это беспрепятственное обеспечение безопасного проезда транспорта. За последние годы все более очевидной стала тенденция роста количества транспортных потоков.

На графике показана динамика роста количества транспорта с 2000 по 2026 года (рис. 1). Как видно основной скачок произошел в 2008–2009, и после 2011 года увеличение происходит линейно.

Исходя из официальных сведений, взятых из Генерального плана города Киева за 2011 год (табл. 1), можно заключить, что без принятия соответствующих мер, ситуация с пропускной способностью дорог будет только ухудшаться, поскольку количество транспорта увеличится примерно в 1,4 раза.

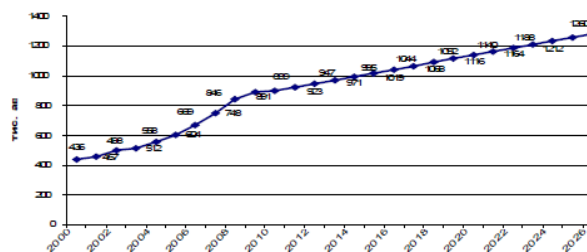


Рис. 1. График динамики роста автотранспорта

Увеличение транспортных потоков ведет к таким следствиям как: повышение аварийности, высокая концентрация выхлопных газов и уровня транспортного шума. Поэтому при любой схеме организации движения транспортным развязкам всегда уделяется особое внимание.

Таблица 1. Показатели развития автомобильного транспорта в городе Киев

№ № Пп/п	Название показателей	Единицы измерения	Состояние на 01.01.2011	На конец 2025
1.	Количество автотранспорта:	Тыс. автомоб.	899.2	1260
	– легковые автомобили		746.8	1046.5
	– автобусы		10.5	14.7
	– грузовые		34.9	48.9
	– другие (пожарные, скорые)		107	149.9
2.	Уровень автомобилизации населения	Ав-то/1000ч	308	400

Согласно с последними данными очень трудными для беспрепятственного преодоления являются двухуровневые развязки, проблема пропускной способности которых, в связи с ускоренным ростом количества транспорта в городе Киев, стала как никогда актуальной. Большинство из существующих путепроводов было построено еще в 60–70-х годах. На момент сооружения этих развязок, их пропускная способность полностью обеспечивала отсутствие пробок с существующим количеством автомобилей, однако сейчас, из-за отсутствия реконструкций и расширений, а также значительного роста транспортных потоков, водители тратят существенное количество времени на преодоление этих зон. Таким образом двухуровневые развязки стали главной причиной возникновения пробковых ситуаций в городе Киев и привели к возникновению «узких мест».

Цель и постановка задачи

В этой работе авторы провели анализ пропускной способности в районах многоуровневых развязок, а также на примере двухуровневой развязки типа «клеверный лист» исследовали причины возникновения «узких» мест и предложили некоторые способы устранения сложившейся проблемы. Для получения точных данных был использован метод мониторинга, который проводился в рабочие дни с максимальной интенсивностью транспортных потоков. В ходе обработки эмпирических результатов были построены кривые регрессии и найдена критическая пропускная способность развязки.

Анализ исследований

Основной задачей любой транспортной развязки является бесперебойный пропуск существующего и прогнозируемого количества автотранспорта и пешеходов. На развязках в разных уровнях интенсивность движения распределяется неравномерно, поэтому это способствует появлению заторов. Причинами такого явления могут быть маневры и перераспределения транспортных потоков на подходах и выходах из развязок, скорость, состав и плотность транспортных потоков, геометрические элементы развязки, присутствие или отсутствие средств регуляции.

«Направление движения транспортных потоков играет значительную роль в возникновении пробок и формировании режима движения на узле. Автотранспорт маневрирует и перераспределяется на подходах к пересечениям, потому что в пределах самого узла ему придется становиться прямо-, право-, левоповоротными, а также потоками, которые идут на разворот. Количественной характеристикой в этом случае есть часть того или иного направления от общего потока. Подчиняясь необходимости поменять или продолжить движение в обратном направлении, транспортное средство вынуждено маневрировать или менять полосу движения. К тому же, значительная часть право- или левоповоротных потоков формирует на узле определенный режим движения, который будучи неучтенным в классических схемах планировочных решений, приводит к возникновению очередей из автомобилей на съездах.

Неравномерность интенсивности движения транспорта на развязках в разных условиях связана с колебаниями частот прямых и поворотных потоков в течении суток. Пропускная способность развязки в разных уровнях зависит от пропускной способности на съездах, которая в свою очередь зависит от наличия принятых интервалов на полосе, куда вливается транспортный поток. Кроме того в местах примыкания существует большая вероятность возникновения ДТП.

Скорость транспортного потока влияет на пропускную способность узла. Крайние левые полосы на магистралях, которые пересекаются, работают как перегоны. Скорость на них ограничена только кривыми и правилами дорожного движения. Скорость на крайних правых полосах и съездах приближается к скорости, которая заложена радиусами, выходя из

необходимости обеспечения соответствия пропускной способности.

Плотность транспортного потока влияет на возможность перестроения транспортных средств с целью выполнения необходимого маневра.

Состав транспортного потока влияет на функционирование в нормальном режиме движения пересечения магистралей (длинномерные и неповоротливые транспортные средства, делаю левый или правый поворот, не способны быстро войти в поток). Из-за этого на съезде накапливается значительное количество автомобилей, которое способствует возникновению пробок.

Наличие средств регулирования движения на развязке в разных уровнях приводит к формированию особенного режима движения транспортных потоков. Как правило, трансформация полной развязки в разных уровнях, которая по своей сути саморегулируемая, связана с перебоями в режиме движения на ней. Такой способ чаще всего принимается как временный и снижает класс узла. Со временем будет необходима реконструкция такого перекрестка.

К геометрическим элементам пересечения относятся кривые, радиусы съездов, наличие переходной скоростной полосы. Эти элементы влияют на режим движения на пересечениях. Для примера: исследования показывают, что использование на съездах развязок с кривыми переменного радиуса позволяет существенно увеличить пропускную способность съездов и, значит, всего транспортного узла. С помощью элементов проектировщик создает каналы движения, задает скорость движения транспортного потока и таким образом формирует основы режима на пересечениях» (Осетрин, Беспалов 2011).

В связи с этими причинами двухуровневые развязки, как путепроводы и мосты через естественные преграды, являются местами появления «узких мест».

«Узкие» места – такие участки дорог, движение на которых замедляется даже при относительно небольшом количестве автомобилей. С увеличением количества транспорта в городе Киев появилась проблема узких мест, которые являются причиной прироста транспортных пробок не только непосредственно в этих зонах, но и на подходах и выходах из нее. Уменьшение длительности преодоления таких зон позволяет улучшить условия движения в целом на дороге и увеличить ее пропускную способность.

Основные причины появления «узких» мест в Киеве – это сужения трассы, сложных развязок и

перекрестков, где сливаются несколько потоков машин, неправильное размещение остановок для общественного транспорта вдоль трассы, неэффективная система светофорного регулирования, ямы и трещины в дорожном покрытии улиц, недостаток площадок для организации автостоянок в городе.

В зависимости от пересечений с другими объектами узкие места в Киеве появляются не только на сложных двухуровневых развязках, но и на мостах через Днепр или на путепроводах, построенных через железнодорожные пути. Перед этими местами машины движутся медленно приблизительно 15 минут (скорость не превышает 10 км/ч), после их преодоления скорость возрастает более чем в три раза и остаётся высокой на протяжении двух километров. В утренние и вечерние часы пик списки актуальных узких мест отличаются – по утрам основной поток машин движется в центр города, на правый берег, а вечером – из центра, на левый берег. Бывают и исключения – в Киеве есть два горлышка, одинаково актуальных утром и вечером: это перекресток на Почтовой площади и пересечение Чоколовского бульвара и улицы Ушинского.

Большинство естественных узких мест в Киеве – это мосты. В утренние часы пик четыре из девяти горлышек – это подъезды к ним. Сюда относятся такие места-горлышки как подъезд и выезд на мост Патона, Московский мост (со стороны Московского проспекта), начало Южного моста (метро Выдубичи), выезд на Южный мост (в районе проспекта Николая Бажана) и выезд на Руссановский мост (с Броварского проспекта).

Появление «узких» мест может быть вызвано неудачным расположением остановок общественного транспорта, но все таки особенно трудными для преодоления являются двухуровневые развязки, поскольку подходы и выходы из них составляют основную трудность при переходе водителя из одной полосы в другую. Всего в Киеве насчитывается 47 двухуровневых развязок, из них 9 клеверообразных (улица Луговая, Броварской, Воздухофлотский проспект, проспект Победы, Индустриальный мост, бульвар Дружбы Народов, проспект 40-летия Октября, проспект Николая Бажана, проспект Академика Глушкова), 4 Y-образных (Академика Паладина, проспект Генерала Ватутина, Броварской проспект, проспект Науки), 3 трубовидных (проспект Московский, улица Киквидзе, улица Академика Заболотного), 4 светофорно-туннельных (проспект Победы, улица Елены Телиги, мост Днипро, Севастопольская пло-

щадь), 3 полуклеверных (улица Елены Телиги, проспект Победы, улица Вадима Гетьмана), 1 турбинная (проспект Победы), 1 круговая (проспект Воссоединения), сложной конфигурации (проспект Победы, бульвар Шевченка, Кольцевая дорога, Наддніпрянське шоссе).

Например, самое неприятное узкое место в утренний час пик – это уже упомянутый перекресток на Почтовой площади. Средняя скорость движения перед перекрестком составляет около 4 км/ч, а после него – примерно 40 км/ч. Каждый водитель теряет здесь в среднем 17 минут – это разница между временем, которое ушло бы на этот участок, если постоянно ехать со скоростью 40 км/ч, и реальным временем. Причём в особенно неудачные дни здесь можно потерять и более получаса. По утрам на перекрестке встречаются большие потоки автомобилей с севера и юга. Оба потока движутся в центр через поворот на Боричев спуск. Все стоящие на поворот автомобили не успевают проехать за один цикл светофора. Светофор становится узким местом и для тех, кто не поворачивает, а продолжает движение на север или на юг. Дополнительно осложняют ситуацию трамвайные пути, на перекрестке выходящие на основную дорогу.

В основу исследований был взят Индустриальный путепровод (рис. 2, 3), который построен в 60-х годах на пересечении двух магистральных улиц Вадима Гетьмана и Борщаговская. Он относится к двухуровневой развязке типа клеверный лист. На нем были исследованы места слияния двух потоков на выездах (точки 1, 3) и разделения на съездах (точки 2, 4). В ходе мониторинга было установлено что на данный момент существующее количество автомобилей не в состоянии безопасно осуществить проезд по развязке. В результате проведённых исследований установлено, что на скорость движения главного потока влияет только интенсивность движения транспортных средств, выезжающих со съезда пересечений в разных уровнях на главную дорогу. Средняя скорость движения потоков автомобилей по главной дороге снижается с увеличением интенсивности движения транспортного средства, выезжающих со съезда.

Эмпирическим методом была определена скорость движения автомобилей и их интенсивность в разное время суток. Особое внимание уделялось предзаторным и заторным состояниям, при которых работает большинство транспортных развязок. Эти показатели дали возможность узнать крайний срок эффективной эксплуатации путепровода и построить кривые регрессии (рис. 4).



Рис. 2. Индустриальный путепровод

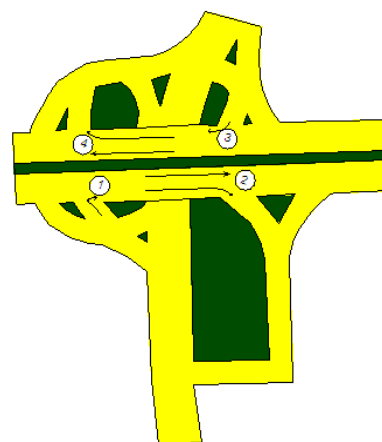


Рис. 3. Схема Индустриального путепровода

Воспользовавшись общепринятыми методами расчета, была найдена пропускная способность путепровода, его пропускная способность в час пик, перспективная интенсивность, а также было определено когда Индустриальный путепровод максимальная среднесуточная интенсивность на съездах будет равна $N_{сут.} = 32\,991$ авт./сут.; на выездах: $N_{сут.} = 36\,915$ авт./сут. Пропускная способность на выездах была найдена следующей: $N_{факт.} = 4\,646$ авт./час; на съездах: $N_{факт.} = 4\,894$ авт./час. Перспективная же интенсивность движения установилась на следующих показателях для съездов: $N_{пер} = 6\,547$ авт./час. Для выездов: $N_{пер} = 6\,886$ авт./час. Исходя из полученных данных, обработанных по вышеупомянутым методикам, можно сделать вывод, что после 2020 года пропускная способность двухуровневой развязки будет полностью исчерпана.

Общая регрессивная зависимость скорости движения от интенсивности для всего путепровода будет иметь вид (1):

$$y = 0,00912 x + 57. \quad (1)$$

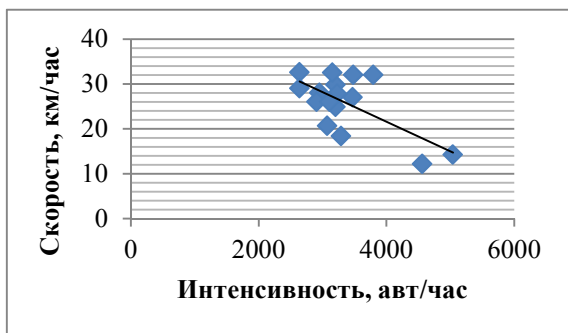


Рис. 4. Регрессивная зависимость

На основании разработанной регрессивной зависимости установлено, что оптимальная интенсивность при скорости 40 км/час составляет 1 862 авт/час. При снижении скорости, наблюдается тенденция увеличения интенсивности транспортных потоков.

Выводы

Для того чтоб город имел хороший уровень транспортного обслуживания, нужно обеспечить в первую очередь установить равновесие между провозной способностью транспортной системы и транспортными потребностями города.

Благодаря исследованиям и данным, полученным в ходе эксперимента, можно заключить, что для предотвращения появления пробок на двухуровневых развязках нужно применять меры в число которых входят: запрещение стоянок вдоль проезжей части; введение специальной полосы для городского пасса-

жирского транспорта; реконструкция улично-дорожной сети (выпрямление магистралей, дублирование, введение кольцевых магистралей, расширение проезжей части, строительство новых мостов через Днепр); комплексная реорганизация движения транспорта: перенос остановок общественного транспорта в менее критические места, упорядочение системы знаков и указателей; координирование работы светофорных объектов и задание определенных скоростных режимов на городских магистралях с помощью автоматизированных систем управления дорожным движением.

Анализ транспортных потоков на двухуровневых развязках города Киев дал понять, что при отсутствии реконструкции они утратят свою пропускную способность по прошествии 10 лет.

Литература

- Осетрин М. М., Беспалов Д. О., 2011. Особенности режима движения транспортного потока на пересечениях городских магистралей в разных уровнях, в *Градостроительство и территориальное планирование*, выпуск 39: 124–126.
- Васильева А. Ю., Рейцен Е. А., Дубова С. В., 2009. Анализ заторовых ситуаций на улично-дорожной сети города, в *Градостроительство и территориальное планирование*, выпуск 39: 90–93.
- Рейцен Е. А., 2011. Анализ перспектив функционального планирования и транспортного обслуживания территории в генеральном плане, в *Градостроительство и территориальное планирование*, выпуск 39: 66–69.
- Генеральный план Киева, 2011.