Часть II.ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГОРОДОВ: АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКИМ ДВИЖЕНИЕМ И ПРЕДПРИЯТИЯМИ – ПАССАЖИРСКИМИ ПЕРЕВОЗЧИКАМИ

4. ОРГАНИЗАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ

125 лет назад 29 января 1886 года Карл Бенц получил патент № 37435 на изобретенный им автомобиль. Трехколесное двухместное чудо работало на бензине, мощность мотора составляла 0,9л.с. Теперь день 29 января отмечен в «Календаре дат» как ***День изобретения автомобиля***

Обычно дают «зеленую улицу», когда уже дальше ехать некуда.

****

УДК 656.135

Оценка основной диаграммы транспортного потока при умеренной интенсивности движения

А.В. Зедгенизов, А.Н.Зедгенизова

Рассмотрены зависимости экспериментальных данных плотности транспортного потока и его интенсивности на участке УДС не имеющего пересечений в одном уровне. Произведено сравнение полученной основной диаграммы транспортного потока по полученным значениям с классической моделью.

Сегодня мы наблюдаем бурный рост автомобилизации в стране. В результате центры крупных городов сталкиваются с регулярными пробками, вызванными нехваткой пропускной способности УДС. Сегодня все многообразие факторов, влияющих на пропускную способность УДС, заключаются не только в параметрах дороги, но и может быть связано с изменением динамических характеристик и тормозных свойств автомобилей. Не маловажную роль могут играть манера вождения автомобиля, например, чрезмерно быстрое замедление и быстрое ускорение способствуют увеличению пропускной способности, но повышают

риск ДТП. Учет этих факторов может быть осуществлен на основе натурных исследований и моделирования транспортных потоков. Объективным показателем величины качественных изменений в состоянии транспортного потока должен рассматриваться интервал между транспортными средствами, движущимися по одной полосе.

При моделировании транспортных потоков исторически учеными-практиками применяется два основных подхода - детерминированный и вероятностный (стохастический). Детерминированные модели основаны на функциональных зависимостях между показателями транспортного потока, классическим примером является зависимость плотности транспортного потока от его интенсивности. Критерием тесноты связи между такими переменными, характеристикой прогностической силы анализируемой модели выступает, как правило, множественный коэффициент детерминации R^2: чем ближе R^2 к единице, тем лучше регрессия описывает зависимость между объясняющими факторами и зависимой переменной. Необходимо также отметить, что модели, описывающие динамический габарит транспортного средства имеют весьма разные подходы. Неизменным остается лишь один факт: динамический габарит ТС возрастает с увеличением скорости движения.

Для описания свойств потока ТС целесообразно пользоваться следующими законами распределения: автомобилей по типам (процентное распределение автомобилей разных типов в потоке или состав движения); интервалов между автомобилями; скоростей автомобилей. Закон распределения интервалов между транспортными средствами включает информацию об интенсивности движения, которая вычисляется как величина, обратная среднему интервалу между транспортными средствами. На основе закона распределения интервалов можно найти закон распределения интенсивности движения.

Ниже речь идет об исследованиях транспортного потока средней интенсивности в городских условиях на прямом участке двухполюсной дороги, не имеющей пересечений на расстоянии минимум 1000 м в обе стороны. График зависимости плотности транспортного потока от его интенсивности представлен на рис.1.

Характер распределения облака точек определенно имеет квадратичную зависимость, которая представлена уравнением:

$$Y = -1{,}52 \cdot X^2 + 141{,}2 \cdot X - 975{,}2 \quad (1)$$

Коэффициент множественной корреляции R=0,92, коэффициент множественной детерминации R^2=0,84, что свидетельствует о значимости связи между рассматриваемыми параметрами. Таким образом, на основании уравнения (1), может быть построена основная диаграмма транспортного потока (рис. 2), отвечающая следующим условиям: поток средней интенсивности 1200 ед/ч на одну полосу движения; значения плотности при этом лежат в границах от 10 до 80 ед/км; вариационный размах скорости от 30 до 130 км/ч, среднее значение 51 км/ч.

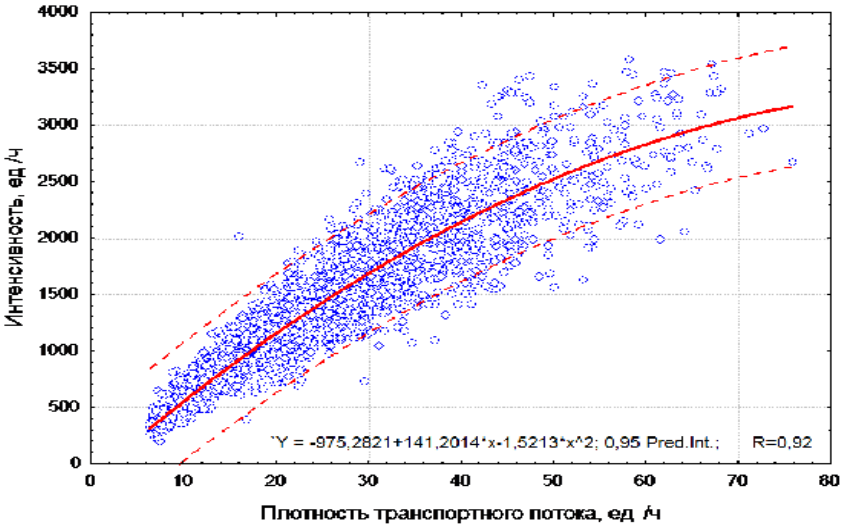


Рис. 1. Зависимость интенсивности транспортного потока от его плотности

Сопоставление с основной диаграммой транспортного потока, построенной в [2] (рис.2), позволяет сделать ряд выводов. Характерным отличием рассматриваемых кривых является диапазон изменения плотности потока; другим характерным отличием является наиболее «зауженный» и высокий «пик» диаграммы. Это свидетельствует о том, что транспортные средства в колонне могут двигаться с меньшими динамическими габаритами при тех же скоростях. Однако, не исключено, что замеры,

полученные при низких скоростях и высокой плотности (предзаторное состояние) могут «скорректировать» этот «пик».

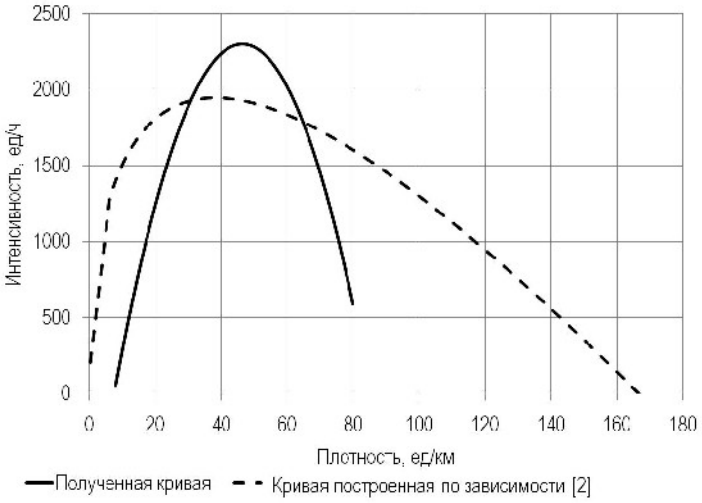


Рис. 2. Основная диаграмма транспортного потока при плотности 10-80 ед/км и часовой интенсивности 1200 ед/ч

Литература

1.Кисляков В.М., Филиппов В.В., Школяренко И.А. Математическое моделирование и оценка условий движения автомобилей и пешеходов. Транспорт, 1979. – 200 с.

2.Клинковштейн Г. И**.,** Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов.– 5-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001 – 247 с.

3.Семенов В. В. Смена парадигмы в теории транспортных потоков. Режим доступа: http://www.keldysh.ru/papers/2006/prep46/prep2006_46.html

Поступила 7 ноября 2011

УДК 656,1,4; 711,4,7

Основы теории количественного анализа состояний транспортных потоков

В.И.Гук

Приведено построение и использование метода обобщенных переменных для количественного анализа состояний транспортных потоков на различных геометрических элементах улиц и дорог с учетом все характеристик состояний.

Количественная сторона транспортной проблемы предрасполагает к себе внимание в большей мере, чем когда-либо ранее. Эффективное использование положений теории состояний транспортного потока [1] в практических целях становится возможным только в том случае, когда теоретические представления приобретают конкретный и точный характер в форме количественных критериев. При этом достигнутая полнота количественной информации, достаточной для применений, когда каждая из величин, важных для транспортного процесса, будет определена как функция аргументов, которые характеризуют движение транспортных потоков. Ныне некоторые количественные соотношения изучаются достаточно энергично, но в основном числовыми методами на основе экспериментальных наблюдений. Хотя результаты числового решения выражают большой объем полезных знаний, но они не определяют внутренних причинно-следственных связей, которые характеризуют транспортный поток.

Для определения количественных соотношений заменим обычные переменные транспортного потока величинами комплексного типа, которые составлены с тех самых переменных, но в определенных сочетаниях, зависящих от природы транспортного потока. Комплексные переменные являются обобщенными переменными и определяются на основе метода обобщенного анализа. Этот метод базируется на последовательном использовании безразмерных величин — критериев подобия и относительных переменных [2]. Приведено определение структуры количественных соотношений, характерных для различны состояний транспортного потока:

на изменение интенсивности ТП в просторные влияют

$$N_{np} = \frac{\lambda V}{x} f\left(\frac{TV}{x}, \frac{Qx}{\lambda}, \frac{MxД}{\lambda V^2}, \frac{H}{\lambda x}, \frac{S}{\lambda V}, \frac{\lambda V}{x}, \frac{C}{\lambda}, \frac{V\lambda}{x^2}, \frac{ax}{V^2}, \frac{l_a}{x}\right); \quad (1)$$

на изменение интенсивности ТП во времени влияют

$$N_t = \frac{\lambda}{T} f\left(\frac{x}{VT}, \frac{QVT}{\lambda}, \frac{MTД}{\lambda V}, \frac{H}{\lambda VT}, \frac{S}{\lambda V}, \frac{\lambda V}{VT}, \frac{C}{\lambda}, \frac{aT}{VT^2}, \frac{}{V}, \frac{l_a}{VT}\right) \quad (2)$$

на изменение интенсивности в условиях движения на регулированном перекрестке влияют напряженность и инерционность

$$N_{np} = V\sqrt{\frac{J}{C}} f\left(\frac{T}{\sqrt{CJ}}, \frac{x}{V\sqrt{JC}}, Q\sqrt{\frac{C}{J}}, \frac{M}{V}\sqrt{\frac{JД}{C}}, \frac{J}{x^2}\sqrt{\frac{H}{C}}, \frac{J}{Vx}\sqrt{\frac{}{C}}, S\sqrt{\frac{a}{C}}, \frac{C\sqrt{}}{V}, \frac{l_a V}{\sqrt{CJ}}\right) \quad (3)$$

Полученные с использованием (1)-(3) соотношения сведенные в табл.1. По своей значимости и для удобства анализа и практического употребления они обозначены в порядке алфавита большими прописными буквами. Анализ количественных соотношений осуществим из условий принятия их значений постоянными.

Табл 1.- Критерии параметрической подобности

№ п/п	Обозначение	Основные сменные				
		x, λ, V	T, λ, V	x, Q, V	T, Q, V	C, J, V
1	2	3	4	5	6	7
	А	$\frac{Nx}{\lambda V}$	$\frac{NT}{\lambda}$	–	–	$\frac{N}{V}\sqrt{\frac{C}{J}}$
2	Б	–	–	N/QV	N/QV	N/QV
3	В	$\frac{TV}{x}$	$\frac{x}{VT}$	–	–	$\frac{T}{\sqrt{CJ}}; \frac{x}{V\sqrt{CJ}}$
4	Г	$\frac{Qx}{\lambda}$	$\frac{Q}{\lambda VT}$	$\frac{\lambda}{Qx}$	$\frac{\lambda VT}{Q}$	$Q\sqrt{\frac{C}{J}}$
5	Д	$\frac{Mx}{\lambda V^2}$	$\frac{MT}{\lambda V}$	–	–	–
6	Е	–	–	$\frac{M}{QV^2}$	$\frac{M}{QV^2}$	$\frac{M}{V^2}\sqrt{\frac{J}{C}}$
7	Ж	Д/x λ	Д/VT λ	–	–	–
8	З	–	–	$\frac{Д}{Qx^2}$	$\frac{Д}{QV^2}$	$\frac{Д}{x^2}\sqrt{\frac{J}{C}}$
9	И	H/V λ	H/V λ	–	–	–
10	К	–	–	$\frac{H}{QVx}$	$\frac{H}{QTV^2}$	$\frac{H}{Vx}\sqrt{\frac{J}{C}}$
11	Л	$\frac{S\lambda}{x}$	$\frac{S\lambda}{VT}$	–	–	–
12	М	–	–	SQ	SQ	$S\sqrt{J/C}$
13	Н	JV/ λ	JV/ λ	–	–	–
14	О	–	–	JV/Qx	JV/Qx	–
15	П	$\frac{C\lambda V}{x^2}$	$\frac{C\lambda}{VT^2}$	–	–	–
16	Р	–	–	CQV/x	CQ/T	–
17	С	$\frac{ax}{V^2}$	$\frac{aT}{V}$	$\frac{ax}{V^2}$	$\frac{aT}{V}$	$\frac{ax}{V^2}, \frac{a\sqrt{CJ}}{V}$
18	Т	$\frac{l_a}{x}$	$\frac{l_a}{VT}$	$\frac{l_a}{x}$	$\frac{l_a}{VT}$	$\frac{l_a}{x}, \frac{l_aV}{\sqrt{CJ}}$
19	У	–	–	–	–	b/B
20	Ф	N/Nm	N/Nm	N/Nm	N/Nm	N/Nm
21	η	V/V_0	V/V_0	V/V_0	V/V_0	V/V_0
22	ϑ	Q/Qm	Q/Qm	Q/Qm	Q/Qm	Q/Qm
23	Ц	λ/λ_m	λ/λ_m	λ/λ_m	λ/λ_m	λ/λ_m
24	Ч	J/J_0	J/J_0	J/J_0	J/J_0	J/J_0
25	Ш	–	–	–	–	Ba/V^2
26	Ю	–	–	–	–	$\frac{N}{Q\sqrt{Ba}}$

1. Критерий **А** является мерой отношения между макродвижением потока и микродвижением автомобилей, выраженных через количество потока, на участке дороги длиной $\boldsymbol{x}$.
2. Критерий **Б** является мерой состояний транспортных потоков. Это количественная характеристика, однако, не раскрывает качественной стороны процесса, поскольку при одном и том же значении интенсивности возможные два состояния потока: свободное движение и насыщенное. Все же критерий **Б** присущий многим задачам.
3. Критерий **В** = TV/x устанавливает соотношение между характерным значением времени *T*, как некоторым периодом развития процесса движения (например, сигнал светофора, который рарешает движение, цикл светофора) и измерителем продолжительности движения потока по участку единичной длины *x*. Критерий **В** возник из-за нестационарности процесса движения транспортного потока. При условии, что $\Im_{\text{nm}} = 1$ данный критерий позволяет определить расстояние *x* до сечения, где интенсивность через время *T* будет равна наблюдаемой в начальном сечении. Математическим аналогом критерия **В** в физике есть число Струхала (Sh). Математическое выражение **В** зависит от постановки задачи. Произведение критериев **А·В=Eu** соответствует известному комплексу, названному в физике числом Эйлера (**Eu**), то есть $\mathbf{Eu} \equiv \frac{Nx}{QTV^2}$. Выражение $\boldsymbol{QV^2}$, как масштаб отнесения, должен применяться при построению безразмерной формы любого динамического эффекта, который возникает в транспортном потоке, поскольку представляет собой мощность движения *M*. Отсюда аналогом числа Эйлера в транспортном потоке будет комплекс, который является очень интересным отношением распределенной в пространстве интенсивности к распределенной во времени мощности движения. Однако *MT=H*. поэтому движение транспортного потока с интенсивностью *N* по участку дороги длиной *x* равняется работе, выполненной потоком на этом участке за время его прохождения.
4. Критерий **Г** является отношением фактической плотности потока к усредненной плотности. При решении задач движению во времени *x=Vt*, тогда $\mathbf{\Gamma} \equiv QVT/\lambda$, отношение λ / ∇ представляет инерционность транспортного потока, а произведение *QT* -

сопротивление движению внутри потока под влиянием плотности (близости автомобилей в пространстве дороги). Итак, критерий **Г** измеряет отношение инерционности потока к внутреннему сопротивлению движения.

5.Критерий **Д** $\equiv \frac{Mx}{\lambda V^2}$ - является разновидностью критерия **А**, поскольку $M=NV$.

6. Критерий **Е –** это количественная мера состояний транспортного потока. Критерий **Е –** разновидность критерия **Б**. В физике аналогом критерия **Е** есть число Эйлера (**Eu**), о котором упоминалось выше.

7.Критерий **Ж** $\equiv Д / \lambda x$ является мерой между микро - и макросостоянием движения транспортного потока. В этом комплексе соотносятся автомобиле-км (количество движения) одного автомобиля к количеству движения потока на участке протяжностью x**.**

8.Критерий **З** $\equiv Д / Qx^2$ является разновидностью вышеупомянутого критерия **Ж.**

9.Критерий **И** $\equiv \mathrm{H} / \lambda \mathrm{V}$ позволяет количественно сравнивать работу, выполненную одним автомобилем, с работой некоторого количества автомобилей. Данный критерий имеет бесспорное технико-экономическое значение для анализа работы АТП и в технико-экономических расчетах.

10. Критерий **К** есть разновидность критерия **И.**

11.Критерий **Л** $\equiv \mathrm{S}\lambda / \mathrm{x}$ является количественной мерой безопасности движения, поскольку оценивает уменьшение (увеличение) необходимого из позиции безопасности движения динамического габарита S в сравнении с фактическим.

12. Критерий **М** $\equiv SQ$ является разновидностью критерия **Л.**

13.Критерий **Н**, количественно оценивает отношения инерционности транспортного потока к инерционности автомобиля в потоке и может применяться при анализе свободных условий движения. Данный критерий близкий к критерию **Г.**

14.Критерий **О** $\equiv JV / Qx$ противоположный по количественному определению критерия **Г**, то есть **ОБ** =1/**Г.**

15.Критерий $\mathbf{П} \equiv C\lambda V / x^2$ оценивает напряженность, которая возникает в транспортном потоке с ростом его количества с напряженностью, которая приходится на автомобиль потока. Количественный комплекс **П** позволяет оценить условия движения на подъемах, регулированных перекрестках, в предзаторовой ситуации.

16. Критерий $\mathbf{Р} \equiv CQV / x$ является разновидностью критерия **П.**

17. Критерий $\mathbf{С} \equiv ax / V^2$ характеризует относительное влияние автомобилей одиного на другой, и потому он существен для количественной оценки движения автомобилей в потоке за лидером. В более свободном потоке критерий **С** вырождается.

18. Критерий $\mathbf{Т} \equiv l_a / x$ имеет градостроительный смысл, так как указывает величину пространства улиц и дорог, который приходится на один автомобиль, а также сравнивает автомобиль с дорогой.

19. Критерий $\mathbf{В} \equiv b / B$ характеризует условия движения на многополосных магистралях **В** = I для однополосной проезжей части. Чем меньше критерий **В**, тем выше пропускная способность дороги. Для 4-х полосовой дороги **В**= 0,25.

20. Критерий $\mathbf{Ф} \equiv N / N_m$ - параметрического типа, как критерии от **Т**до **В**, а также **Ю.** Он характеризует использование пропускной способности дороги и применяется для оценки удобства движения[2].

21-22. Критерий $\eta \equiv \frac{V}{V_0}$ и $\vartheta \equiv \frac{Q}{Q_v}$ рассматривались раньше [1].

23. Критерий $\mathbf{Ц} \equiv \frac{\lambda}{\lambda_m}$ оценивает групповой характер движения транспортного потока по городским регулированным магистралям. Он позволяет оценить максимальное, из позиции пропускной способности, использование принципа разбивки потока на группы.

24. Критерий $\mathbf{Ч} \equiv J / J_0$ есть разновидность критерия **Н.**

25. Критерий $\mathbf{Ш} \equiv \frac{Ba}{V^2}$ является аналогом вышеупомянутого критерия **С**, однако в критерии **Ш**, как характерный размер,

выступает не протяжность, а ширина дороги. В транспортной науке известные работы по изучению влияния ширины проезжей части на скорость автомобилей [3 и др.].

26. Критерий **Ю** $\equiv N/Q\sqrt{Ba}$ является аналогом критерия **Б** где, как скорость автомобилей, учитывается ее распределение по ширине проезжей части в виде $\sqrt{Ba}$.

Применение метода обобщенных переменных позволяет получить не только количественную оценку разных участков улиц и дорог с позиций безопасности и эффективности дорожного движения, но и определить критерии для управления дорожным движением, которые являются основой алгоритмов управления в реальном масштабе времени.

Литература

1.Гук В.І. Транспортні потоки: теорія та її застосування в урбаністиці : наукове видання/ Гук В.І., Шкодовський Ю.М. –Харків:«Золоті сторінки», 2009.-232 с.

2. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике / Седов Л.И.– М.: Наука, 1972.– 440 с.

3.Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения /Сильянов В.В.– М.: Транспорт,1977.– 303 с.

Окончательно поступила 15 февраля 2012 года

УДК 656.135

Оценка влияния регулируемых пересечений на распределение интервалов между транспортными средствами

А.В. Зедгенизов, А.Г. Левашев, П.Ю.Каминский

Рассмотрено влияние регулируемого пересечения на распределение интервалов между транспортными средствами на различном расстоянии от регулируемого пересечения. Произведено сравнение выборки интервалов и динамического габарита на основе критерия Стьюдента. Сделаны выводы о влиянии регулируемого пересечения на интервалы между транспортными средствами.

На современном этапе развития, общество нуждается в наращивании скорости и объемов перевозок грузов и пассажиров. Однако, при этом возрастает негативное воздействие на окружающую среду и от ДТП в виде раненых, погибших а также материального ущерба. Используемые технические средства организации дорожного движения, направленные на снижение этих негативных последствий вносят свои коррективы в процессы

движения транспортных средств. Одним из наиболее распространенных способов разделения транспортных потоков во времени является светофорное регулирование. В основе этого способа заложена потребность в организации искусственной задержки группы транспортных средств, которая и оказывает основное влияние на процесс движения транспортного потока. Группа автомобилей «пачка» образуется при разъезде очереди, скопившейся в ожидании разрешающего сигнала светофора. В начале перегона непосредственно за перекрестком интенсивность такой группы близка к потоку насыщения. В процессе дальнейшего движения группы начинается её распад из-за различных скоростей транспортных средств, составляющих эту группу. Разброс скоростей обусловлен разнородностью состава транспортного потока, а также влиянием индивидуальных особенностей водителей. Автомобили с более высокими скоростями перемещаются в головную часть группы, медленно движущиеся автомобили — в её конец или отстают от группы. Этот процесс прогрессирует по мере удаления группы от предыдущего перекрестка, время проезда группы мимо неподвижного наблюдателя увеличивается, её средняя интенсивность движения падает [4].

Таким образом, распределение интервалов между транспортными средствами при включении разрешающего сигнала светофора будет носить характер «пачки», т.е. интервалы между транспортными средствами не велики и примерно одинаковы. По мере удаления от светофорного объекта «пачка» начинает «разваливаться», а интервалы между транспортными средствами будут носить случайный характер. Последнее, в свою очередь означает отсутствие влияния регулируемого пересечения.

Для проведения эксперимента был подобран участок улично-дорожной сети (УДС), отвечающий следующим требованиям:

– отсутствие после регулируемого пересечения остановочных пунктов, наземных пешеходных переходов, и других факторов, способных значительно повлиять на состав и плотность транспортного потока, на расстоянии более 1 км;

– транспортный поток должен быть насыщенным;

– наличие в транспортном потоке автомобилей различных типов (рис.1).

На рис.2 представлена схема проведения эксперимента. На рис.3 изображены графики распределения скорости транспортных средств на различных расстояниях от регулируемого перекрёстка. Из графиков видно, что при большей удалённости транспортных средств от пересечения, их скорость увеличивается. На расстоянии 200 м от регулируемого пересечения 97 % не превышают скорость 60 км/ч, причем примерно 70 % двигаются со скоростью в диапазоне от 20 до 40 км/ч. На расстоянии 500 м. уже только 66% не превышают скорость 60 км/ч, причем только 1 % двигается со скоростью в диапазоне от 20 до 40 км/ч. На расстоянии 800 м 14% не превышают скорость 60 км/ч, причем только 1 % двигается со скоростью в диапазоне от 20 до 40 км/ч .Основываясь на данных табл.2, можно заключит, что наибольшее отклонение наблюдается по критерию скоростного режима между выборкой скоростей на 200 м и 800 м.

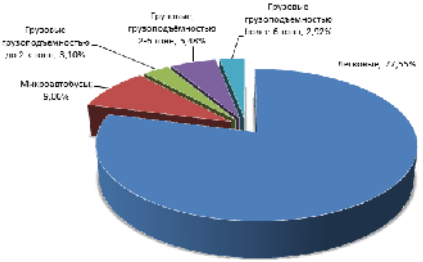


Рис.1 – Состав транспортного потока

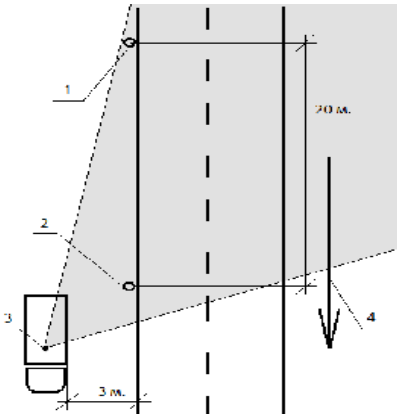


Рис.2 – Схема проведения эксперимента

1, 2 – опоры линий электропередач, показывающие соответственно начало и конец исследуемого отрезка; 3 – камера видеонаблюдения; 4 – направление движения транспортного потока.

Табл. 2.- Влияние расстояния от регулируемого перекрестка на скорость транспортных средств, %

Критерий оценки	Расстояние от пересечения, м			Отклонение, %		
	200	500	800	200-500	200-800	500-800
Не выше 60 км/ч	97	70	14	-27	***-83***	-56
В диапазоне 20-40 км/ч	70	1	1	-69	-69	0
В диапазоне 40-60 км/ч	2	65	13	63	11	-52

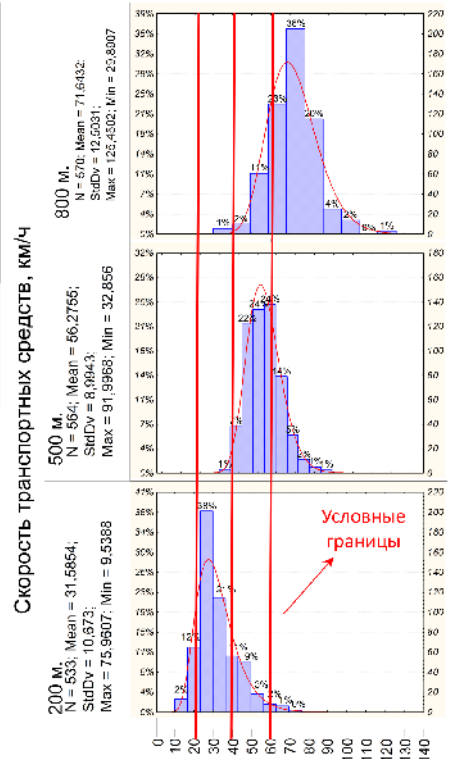


Рис.3 – Скорость транспортных средств на различных расстояниях от регулируемого пересечения

На графиках рис.4 видно, что временной интервал между транспортными средствами у основной части транспортного потока составляет от 1 до 3 секунд. При удалении от регулируемого перекрёстка временной интервал между основной частью транспортных средств в потоке, увеличивается, появляется больший разброс значений.

На рис.5 изображены графики распределения интервалов между транспортными средствами в метрах. На графиках видно, что интервалы между транспортными средствами при удалении от регулируемого пересечения на расстояние 500 метров изменяется в большую сторону, а удалении на 800 метров интервалы продолжают увеличиваться. Это можно объяснить тем, что транспортные средства уже набрали необходимую для движения

скорость, исходя из динамических характеристик автомобилей, и водители двигаются с установившимся интервалом до впередиидущего транспортного средства.

Из рис.6 видно, что при удалении от регулируемого пересечения, изменение динамического габарита происходит по той же зависимости, что и изменений интервалов между транспортными средствами, так как динамический габарит напрямую зависит от расстояния между транспортными средствами.

Для подтверждения гипотезы о том, что на расстоянии 800 м. от регулируемого пересечения интервалы между транспортными средствами статистически значимо отличаются от интервалов между транспортными средствами на расстоянии 200 м от регулируемого пересечения воспользуемся критерием Стьюдента:

$$t = \left| \frac{\bar{x}_{1cp} - \bar{x}_{2cp}}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \right| \geq t_{st},$$

где t – расчетный критерий Стьюдента; t_{st} – стандартный критерий Стьюдента, (число степеней свободы $k=n_1+n_2-2$); $x_{1,2cp}$ – средние значения рассматриваемых выборок; $m_{1,2}$ – ошибки оценки среднего значения соответственно первой и второй выборки.

Расчетный критерий Стьюдента (9,05) выше стандартного, равного 1,8 для выборки. где число степеней свободы выше 1010, следовательно, рассматриваемая гипотеза подтверждается, а влиянием регулируемого пересечения на расстоянии 800 м можно пренебречь.

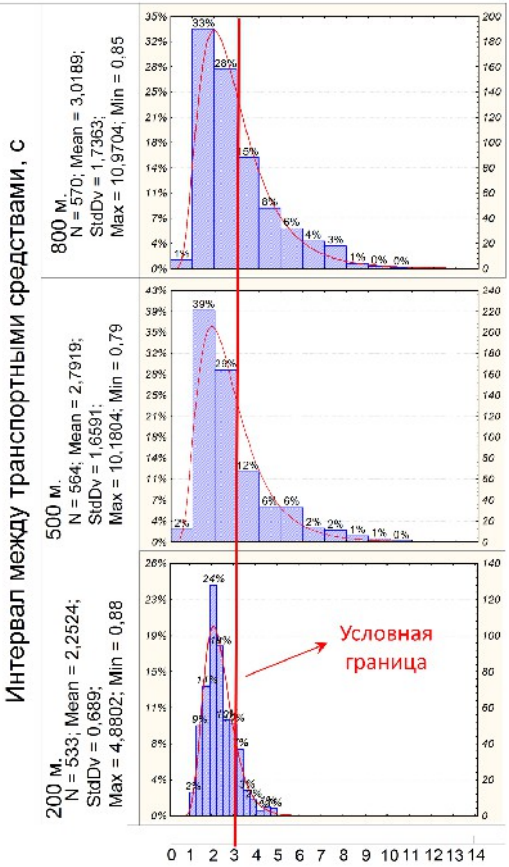


Рис.4 – Временной интервал между транспортными средствами на различных расстояниях от регулируемого пересечения

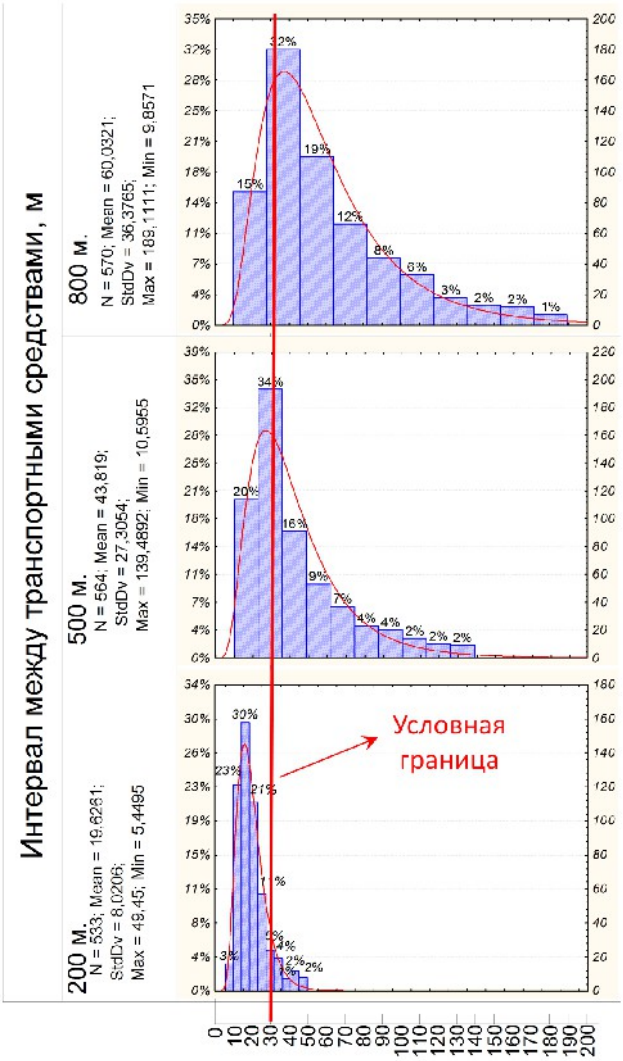


Рис.5 – Интервал между транспортными средствами на различных расстояниях от регулируемого пересечения

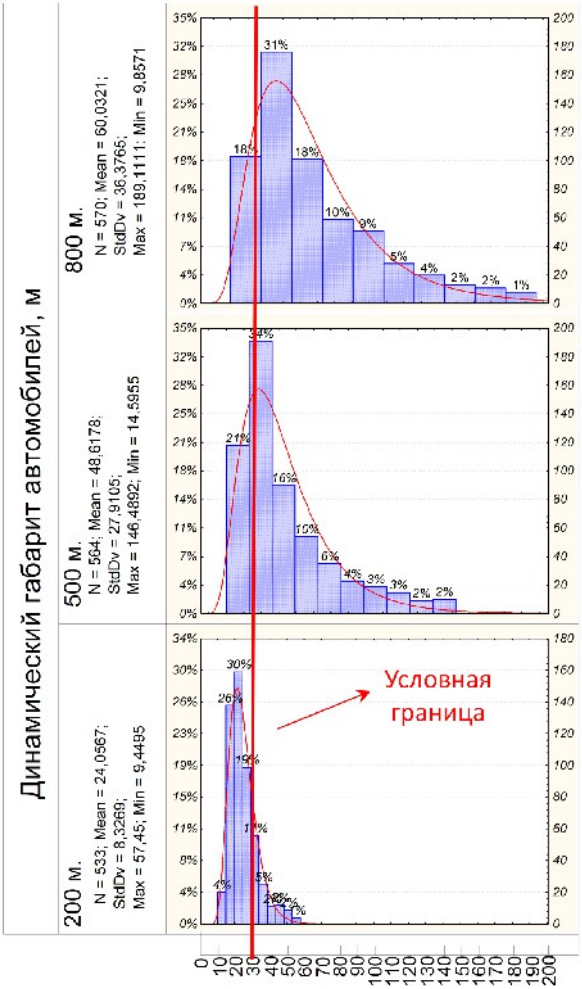


Рис.6 – Динамический габарит транспортных средств на различных расстояниях от регулируемого пересечения

Литература

1.СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги

2.Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. М.: Транспорт, 1977. - 303 с.

3.Семенов В.В., Математическое моделирование транспортных потоков мегаполиса, препринт № 34 Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2004.

3.Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения. Учеб. для вузов. – М.: Транспорт, 1990. – 255.: ил.

4.Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б., Организация дорожного движения: Учеб. для вузов. М.: Транспорт, 2001.

5.Завадский Ю.В. Решение задач автомобильного транспорта и дорожно-строительных машин с помощью регрессионно-корреляционного анализа: учеб. пособ. / Ю.В. Завадский. - М. – 1981.

6.Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. М., «Мир», 1966.

Окончательно поступила 17 марта 2012 года

УДК 625.712

Особенности оценки распределения транспортных потоков в транспортных коридорах

А.Г. Левашев, С.Т. Тебеньков, А.Ю. Туктаров, М.В. Баженова

В статье рассмотрена методика оценки распределения транспортных потоков в транспортном коридоре. Рассмотрены особенности применения современных детекторов транспорта при измерении интенсивности движения. Представлены результаты тестирования предложенной методики..

Управление транспортными коридорами включает в себя процесс мониторинга транспортных потоков, по результатам которого определяются такие показатели, как интенсивность движения транспорта, плотность транспортного потока, скорость движения и другие параметры. Применение современных технологий позволяет получать и обрабатывать данные с детекторов транспорта в режиме реального времени. Появление возможности получения такой информации вызывает интерес к разработке методов оценки распределения транспортных потоков вдоль транспортного коридора в режиме реального времени.

В настоящее время существует ряд методов позволяющих восстанавливать матрицы корреспонденций, описывающих распределение транспортных потоков на участке улично-дорожной

сети по замерам интенсивности движения на перегонах и на перекрестках[2, 3, 6].

Применение методов оценки матриц корреспонденций по замерам на сети могут быть использованы для повышения эффективности мониторинга на транспортных коридорах. При этом данные о замерах интенсивности движения будут поступать с детекторов транспорта. Место и способ размещения детекторов на улично-дорожной сети, а также перечень получаемых параметров транспортного потока, будут определятьсяособенностями самих детекторов.

Наличие информации о распределении транспортных потоков вдоль транспортного коридора является необходимой для принятия решений о его дальнейшем развитии, например, строительстве параллельных дорог[4, 5] или других мероприятий, повышающих эффективность и качество обслуживания территорий, расположенных вдоль коридора.

Наряду с перечисленными долгосрочными мероприятиями по развитию инфраструктуры транспортного коридора есть и другие задачи, эффективность решения которых повышается при использовании информации с детекторов в режиме реального времени. К таким задачам можно отнести следующие:

- оперативное изменение скорости движения с помощью переменных знаков ограничения скорости (с целью повышения пропускной способности и безопасности движения);
- оперативное информирование водителей об изменении состояния дорожного движения на отдельных участках;
- управление доступом к скоростным дорогам на въездах *(rampmetering)* для предотвращения образования заторов на отдельных участках транспортного коридора.
- Последнее из перечисленных мероприятий требует наличие информации о распределении транспортных потоков вдоль рассматриваемого коридора на участке перед местом образования затора.

На рис.1 рассмотрена ситуация, когда на одном из направлений скоростной дороги возникает затор. При этом на

некотором расстоянии L необходимо оперативно реализовать программу управления доступом к скоростной дороге.

Для реализации такой программы требуется матрица корреспонденций, полученная для данного участка в режиме реального времени.При этом длина такого участка должна быть ограничена. Это связано с тем, что интенсивность движения транспортных средств по отдельным направлениям не является постоянной величиной. На рис.2 рассмотрен пример одновременного измерения интенсивности движения на трех пунктах, где размещены детекторы транспорта (рис. 2.а). При значительных расстояниях между пунктами замеров за время, необходимое для проезда от первого пункта замера ко второму, интенсивность движения на участке первого пункта замера изменяется (рис. 2.б, 2.в).

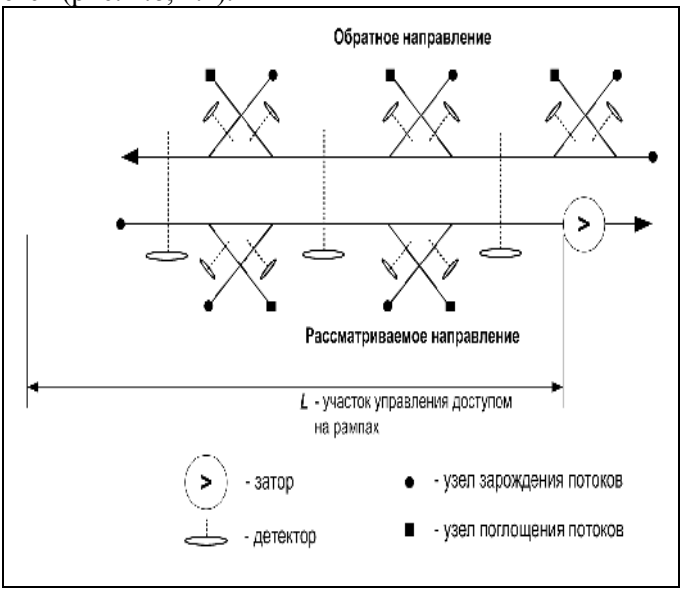


Рис. 1.Схема размещения детекторов транспорта на участках скоростной магистрали с указанием места образования затора

Таким образом, в случае, если интенсивность движения на рассматриваемом участке изменяется в течения часа, то на последующих пунктах движения она будет отлична. Поэтому для восстановления матриц корреспонденций на транспортных

коридорах необходимо использовать методы, устойчивые к таким отклонениям.

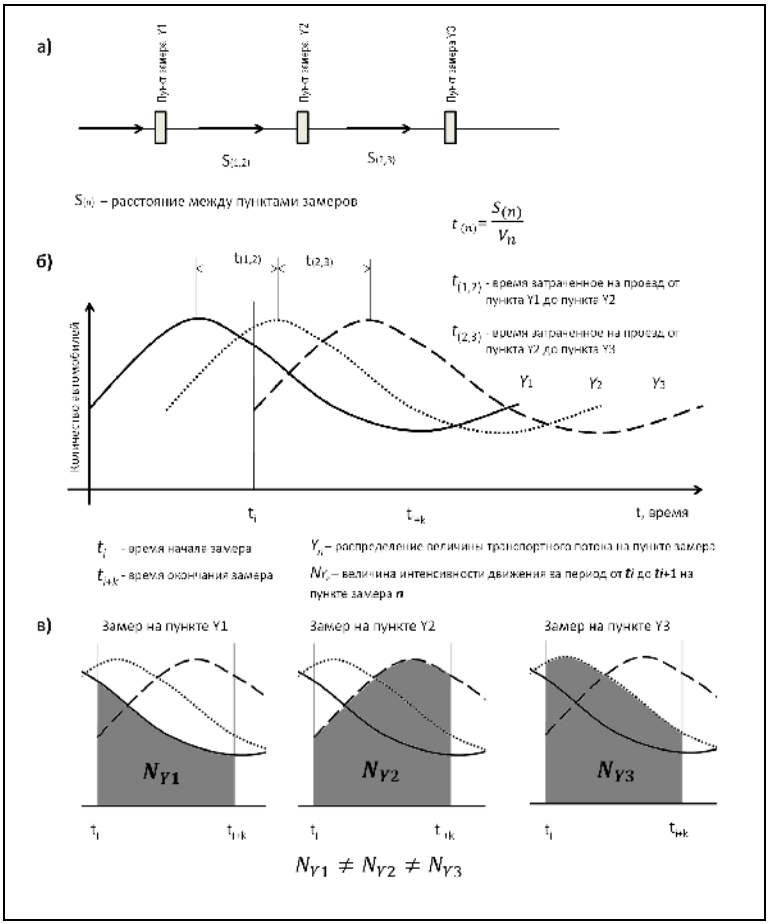


Рис. 2. Схема размещения детекторов транспорта на участках скоростной магистрали с указанием места образования затора: а) – размещение детекторов; б) – изменение величины транспортного потока; в) – несоответствие величины интенсивности движения, измеренной одновременно на разных пунктах замера

Известно, что для решения оптимизационных задач в условиях наличия грубых ошибок в результатах измерения, применяются методы робастного оценивания [1, 3].Один из таких

методов разработан в Транспортной Лаборатории ИрГТУ[2,3] и представляет собой решение оптимизационной задачи при смешанных двусторонних ограничениях, в которой минимизируется суммы абсолютных модулей отклонений и представляет собой модифицированный метод наименьших модулей:

$$\sum_{i=1}^{n} |e_i| = \sum_{i=1}^{n} \left| y_i - \sum_{j=1}^{m} x_j a_{ij} \right|, \qquad (1)$$

где e_i – ошибки (остатки регрессии); y_i – значения интенсивностей, замеренные на элементах улично-дорожной сети (на перегонах или поворотах); x_j – подлежащие оцениванию значения корреспонденций между районами; a_{ij} – элементы матрицы инциденций, показывающей, проходит ли данная корреспонденция через рассматриваемый элемент сети.

Особенностью применения детекторов для мониторинга транспортных потоков в российских условиях является наличие пересечений в одном уровне вдоль транспортного коридора (рис. 3).Результат измерения детектора, расположенного на подходе к пересечению в таком случае будет включать информацию о потоках, приходящих с обоих направления транспортного коридора. В этом случае необходимо либо рассматривать оба направления транспортного коридора одновременно при оценке распределения транспортных потоков на данном участке, либо искать способ выделения из результата измерения части потока, приходящего с противоположного направления, с последующим учетом только потоков с рассматриваемого направления транспортного коридора.

На рис.4,а рассмотрен пример участка транспортного коридора, где для разных его элементов указаны направления движения, а также пронумерованы входящие и исходящие потоки. Ф-ла (1) представляет собой матрицу корреспонденций x_{ij}между условными транспортными районами (*вершинами графа*).

Для получения возможности отдельно рассматривать одно из направлений транспортного коридора предлагается описанную выше методику восстановления матриц корреспонденций, предложенную Транспортной Лабораторией ИрГТУ[2,3],

применить для каждого из пересечений рассматриваемого участка (рис. 4,б).

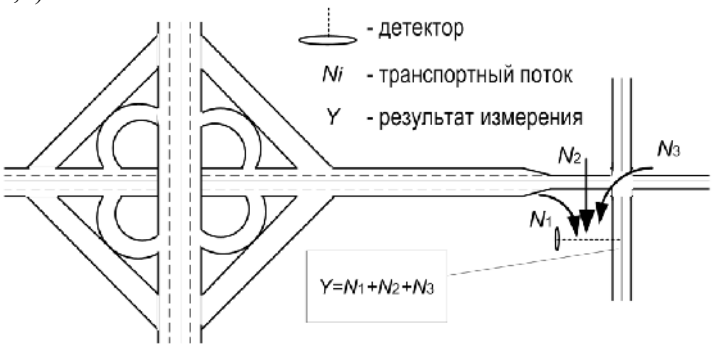


Рис. 3. Схема размещения детектора на подходе к пересечению в одном уровне

По результатам оценки распределения транспортных потоков для каждого из узлов графа рассматриваемого участка сети, можно определить составляющую замера детектора, относящуюся к рассматриваемому направлению коридора (рис. 4,в).

В результате исключения транспортных потоков обратного направления транспортного коридора часть результатов измерений детекторов, принимаемых в качестве исходной информации при оценке распределения транспортных потоков, будет скорректирована в соответствии с рис. 4,г и ф-лой (3).

								сумма
0	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	$y_{1вых}$
x_{21}	0	x_{23}	x_{24}	x_{25}	x_{26}	x_{27}	x_{28}	$y_{2вых}$
x_{31}	x_{32}	0	x_{34}	x_{35}	x_{36}	x_{37}	x_{38}	$y_{3вых}$
x_{41}	x_{42}	x_{43}	0	x_{45}	x_{46}	x_{47}	x_{48}	$y_{4вых}$
x_{51}	x_{52}	x_{53}	x_{54}	0	x_{56}	x_{57}	x_{58}	$y_{5вых}$
x_{61}	x_{62}	x_{63}	x_{64}	x_{55}	0	x_{67}	x_{68}	$y_{6вых}$
x_{71}	x_{72}	x_{73}	x_{74}	x_{65}	x_{76}	0	x_{78}	$y_{7вых}$
x_{81}	x_{82}	x_{83}	x_{84}	x_{85}	x_{86}	x_{87}	0	$y_{8вых}$
сумма	$y_{1вх}$	$y_{2вх}$	$y_{3вх}$	$y_{4вх}$	$y_{5вх}$	$y_{6вх}$	$y_{7вх}$	$y_{8вх}$

(1)

где x_{ij} – величина транспортного потока из вершины *i* в вершину *j*, авт./ч; $y_{i\text{вых}}$ – суммарная интенсивность движения на выходе из вершины *i*; $y_{j\text{вх}}$ – суммарная интенсивность движения на входе в вершину *j*.

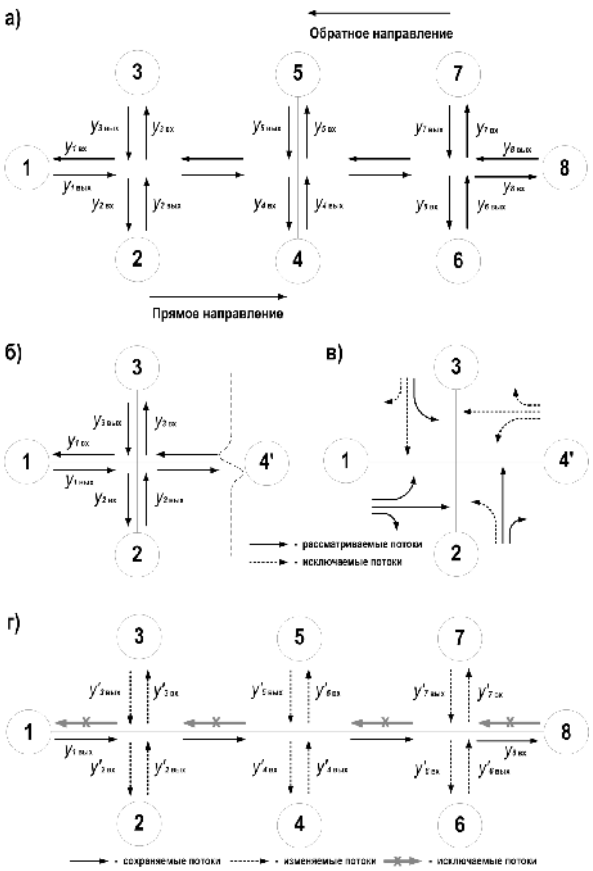


Рис. 4. Определение исключаемых транспортных потоков при отдельном рассмотрении одного из направлений коридора: а) – участок транспортного коридора с указанием номеров вершин и входящих и выходящих потоков; б) – отдельное рассмотрение одного из узлов коридора; в) – схема отдельного узла с обозначением исключаемых потоков; г) – изменение исходных расчетных данных для рассматриваемого участка транспортного коридора

$$\begin{aligned} y'_{1вх} &= y_{1вх} \\ y'_{1вых} &= 0 \\ y'_{2вх} &= y_{2вх} - x_{32} - x_{4'2} \\ y'_{2вых} &= y_{2вых} - x_{21} \\ y'_{3вх} &= y_{3вх} - x_{4'3} \\ y'_{3вых} &= y_{3вых} - x_{31} - x_{32} \end{aligned}, \quad (2)$$

где $y_{jвх}$ и $y_{iвых}$ – соответственно суммарные интенсивности движения на входе в вершину j и выходе их вершины i; $y'_{jвх}$ и $y'_{iвых}$ – соответственно суммарные скорректированные интенсивности движения на входе в вершину j и выходе их вершины i; x_{ij} – величина транспортного потока из вершины iв вершину j в соответствии с рис. 4,в.

								сумма
0	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	$y'_{1вых}$
0	0	x_{23}	x_{24}	x_{25}	x_{26}	x_{27}	x_{28}	$y'_{2вых}$
0	0	0	x_{34}	x_{35}	x_{36}	x_{37}	x_{38}	$y'_{3вых}$
0	0	0	0	x_{45}	x_{46}	x_{47}	x_{48}	$y'_{4вых}$
0	0	0	0	0	x_{56}	x_{57}	x_{58}	$y'_{5вых}$
0	0	0	0	0	0	x_{67}	x_{68}	$y'_{6вых}$
0	0	0	0	0	0	0	x_{78}	$y'_{7вых}$
0	0	0	0	0	0	0	0	$y'_{8вых}$
сумма	$y'_{1вх}$	$y'_{2вх}$	$y'_{3вх}$	$y'_{4вх}$	$y'_{5вх}$	$y'_{6вх}$	$y'_{7вх}$	$y'_{8вх}$

, (3)

Предложенная методика была протестирована на примере транспортного коридора, проходящего через г. Ангарск, г. Иркутск и г. Шелехов (рис. 5). При этом в состав подготовительных работ данного исследования входила оценка характера изменения транспортных потоков на рассматриваемом участке данного коридора.

В результате исследования дневных колебаний интенсивностей движения на участках рассматриваемого транспортного коридора (рис. 6) было выполнено моделирование

дорожного движение с применением программного продукта VISSIM (PTV).

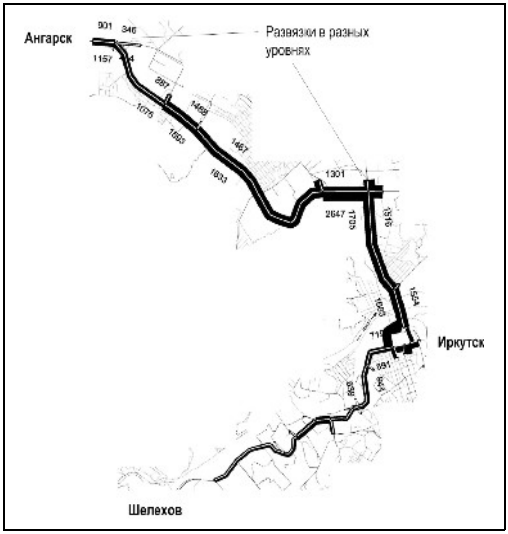


Рис. 5. Картограмма интенсивностей (дата замера – 05.02.2009 г.) движения транспорта на рассматриваемо участке транспортного коридора в час вечерний час пик (авт./ч)

По результатам моделирования установлено влияние дневных колебаний транспортных потоков на точность результатов измерений интенсивности движения, получаемых с детекторов транспорта, расположенных на удалении друг от друга (рис. 7). Из рис.7 видно, что, начиная с удаленности, близкой к 15 км, происходит значительный рост отклонения измеряемых значений. Это позволяет рекомендовать предельные расстояния, в рамках которых возможно оперативное управление транспортными потоками в транспортных коридорах.

Для оценки качества значений корреспонденций, восстановленных с применением предложенной методики, была использована статистика *CV*(*RMSE*), показывающая, насколько велико расхождение сравниваемых матриц корреспонденций:

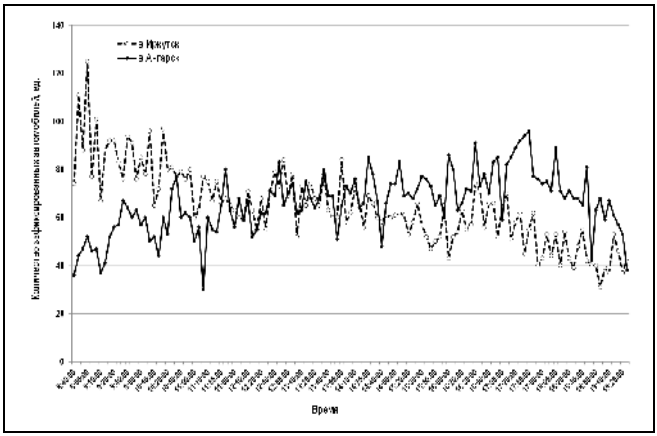


Рис. 6. Распределение интенсивности движения в сечении транспортного коридора со стороны г. Ангарска в течение дня

$$CV(RMSE) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{1,i} - x_{2,i})^2}{n}} / \bar{x}, \qquad (4)$$

где $x_{1,i}$ и $x_{2,i}$ – соответствующие значения корреспонденций в первой и второй матрицах; n – общее количество корреспонденций; $\bar{x}$ – среднее значение корреспонденций для сравниваемой матрицы.

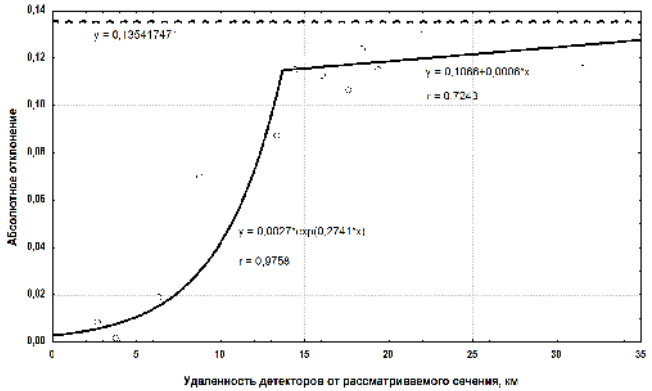


Рис. 7. Зависимость величины абсолютного отклонения между результатами замеров детекторов от величины удаленности

одного детектора от другого

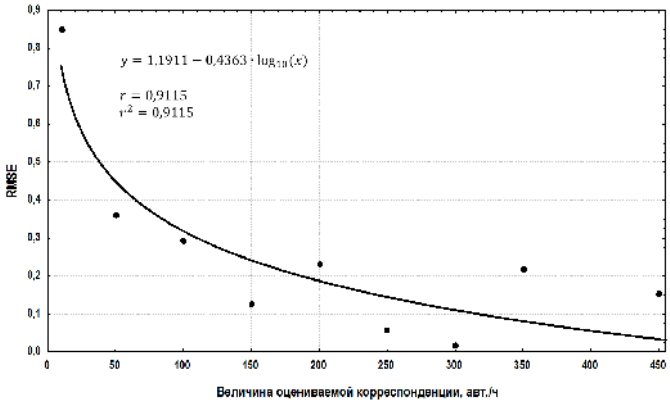


Рис. 8. Зависимость показателя точности результатов оценки восстановления матриц корреспонденций (*RMSE*) от величины оцениваемой корреспонденции

Результаты исследования показали наличие влияния величины оцениваемой корреспонденции на значение данной статистики. С ростом величины оцениваемой корреспонденции происходит снижение величины ошибки. Полученные результаты дают возможность качественно характеризовать данные, получаемые в результате применения предложенного метода восстановления матриц корреспонденций по замерам с детекторов транспорта.

Предложенная методика позволяет получать исходные данные по текущему состоянию дорожного движения в транспортном коридоре и может быть использована в дальнейшем при оперативном управлении транспортными потоками, а также для решения других сопутствующих этому задач.

Литература

1.Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессия. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 302 с.

2.Лагерев Р.Ю. Оценка матриц корреспонденций транспортных потоков по данным интенсивности движения. Дис…канд. техн. наук. – Волгоград, 2007. – 188 с.

3.Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. – Новосибирск: Наука, 2004. - 267 с.

4.Access Management Guide // Indiana department of transportation, 2006. – 158 p.
5.Access management manual. http://www.dot.state.oh.us/ planning/ AccessMgmt/ Manual_Default.htm
6.Highway Capacity Manual. / TRB Special Report N 87. – TRB, Washington, D.C., 1965 – 398 p.

Окончательно поступила 13 марта 2012 года

УДК 656

Влияние адаптивных систем управления на безопасность дорожного движения

С.В. Анфилец, В.Н. Шуть

Рассматриваются вопросы безопасности дорожного движения, и использования адаптивных технологий как функцию безопасности на дорогах.

Мобильность обеспечивает основные человеческие потребности и улучшает качество жизни, она дает людям возможность свободно ездить на работу, принимать участие в общественной жизни, заниматься бизнесом и прочее, и является непременной предпосылкой экономики вообще. Однако транспортное движение является причиной возникновения проблем с безопасностью, пробок и загрязнения окружающей среды. Из этих проблем безопасность дорожного движения оказывает самое серьезное воздействие на ежедневную жизнь всех граждан. Поэтому в мире предпринимаются значительные усилия для ощутимого улучшения безопасности дорожного движения.

В странах ЕЭС затраты, возникающие вследствие дорожных «пробок», составляют примерно 50 миллиардов ЕВРО в год или 0.5% ВВП, а к 2010 году эта цифра увеличилась до 1% от ВВП стран ЕЭС. Число автомобилей на тысячу человек увеличилось с 232 в 1975г. до 460 в 2002 году. Общая протяженность дорожных маршрутов автомобилей увеличилась за последние 30 лет в три раза, а объем грузоперевозок за последнее десятилетие увеличился на 35%, что приводит к дополнительным 7500 км или 10% дорожной сети, находящимися ежедневно в «пробках». В 2002 году потребление транспортного сектора составило 338 млн. тонн нефти, что составляет 31% от общего энергопотребления в странах ЕЭС. Дорожный транспорт потребляет 281 млн. тонн нефти или 83% от потребления всем транспортным сектором. Выбросы CO_2 от дорожного транспорта

насчитывают 835 млн. тонн в год, что составляет 85% от выбросов всех транспортных средств. Исследования показывают, что до 50% от всего потребляемого топлива расходуется из-за большого скопления автомобилей на дорогах и неоптимального поведения водителей автомобилей [1].

Как известно, аварийность с участием пешеходов, характеризуется повышенной тяжестью последствий и, как правило, составляет более 60% от общего числа отчетных аварий [2]. За период с 2006 по 2008гг. в Минске произошло 485 наездов на пешеходов на регулируемых перекрестках (табл.1).

Табл. 1. Общие показатели аварийности в Минске

Год	Всего ДТП	Ранено	Погибло
2006	168	169	5
2007	155	158	6
2008	162	170	7
Всего за 3 года	485	498	18

Следует отметить, что большей тяжестью последствий характеризуются аварии, совершенные с участием «ближайшего» пешехода, поскольку в этом случае водитель, как правило, не располагал достаточным временем, чтобы распознать опасность и принять меры для предотвращения аварии.

В таблице 2 приведены данные по аварийности на пешеходных переходах (общее число их 110) в г.Минске [3].

Табл. 2. Обобщенные данные по аварийности для пешеходных переходов в Минске

Количество полос	Аварии
2 полосы – 8	Нет – 72
4 полосы – 43	Одна – 28
5 полос – 4	Две – 5
6 полос – 32	Три – 3
7 полос – 5	Четыре – 1
8 полос – 18	Шесть – 1

Значительный вклад в улучшение дорожной безопасности вносят такие компоненты инфраструктуры и системы, как системы управления дорожным движением, ЦПУ, интеллектуальные предупредительные знаки и приборы управления движением.

Внедрение ИТС может значительно повлиять на улучшение безопасности ДД. Однако данное направление характеризуется очень медленным процессом внедрения. Примером влияния адаптивных методов управления на безопасность ДД может служить система на перекрестке в юго-восточной части дорожной сети Загреба [4], где было установлено 26 детекторов транспорта, 18 кнопок для пешеходов в целях реализации гибкого управления. В процессе тестирования собиралась информация о аварийности на данном перекрестке. Первый год – без данной системы управления Второй год – с установленной системой адаптивного управления.

За годовой период "до установки" на перекрестке произошло 57 ДТП, в которых пострадало 27 человек. Критическими днями были среда с 10 и четверг с 16 ДТП, что составляет более чем 45% от общего числа. Наибольшее количество пострадавших (11) отмечено с 8 утра до 10 утра – около 24 аварий типа «бампер-бампер», и 18 несчастных случаев при маневрировании (смены полосы движения), а также боковых столкновениях – 9 несчастных случаев, что составляет приблизительно 90% всех несчастных случаев. Из-за этих трех типов столкновений пострадало 23 человека (более 80%). 19 человек (из общего числа 27) пострадало по причине въезда транспорта на запрещенный сигнал светофора (9 несчастных случаев).

За годовой период "после установки"зафиксировано 37 ДТП, что на 20 аварии меньше (снижение на 35%) по сравнению с предыдущим периодом. В этих авариях пострадало 7 человек, что на 20 человек меньше (снижение на 80%). Критическим днем остался четверг с 11 ДТП, а также время, в котором произошло большинство аварий (17 несчастных случаев, что составляет более 45%) было с 10 утра до 14 часов. Чаще всего такие аварии в период "после установки" происходили из-за столкновения «бампер-бампер», всего 19 ДТП, что составляет более 50% всех несчастных случаев. В этих авариях пострадало 3 человека из общего числа пострадавших (7 человек). Существенное сокращение числа несчастных случаев, вызванных въездом транспортных средств на перекресток на запрещающий сигнал – только один несчастный случай. Данные по ДТП за два исследуемых года – см.на рис. 1.

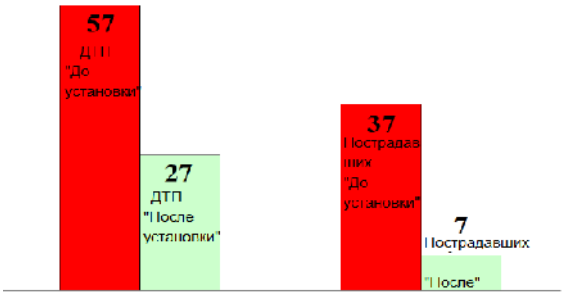


Рис. 1. Количество ДТП за исследуемые интервалы времени

Применение адаптивных систем управления дорожным движением на основе телематических технологий представляет собой значительный фактор для улучшения безопасности участников дорожного движения.

Литература

1.Ганс Шаде. Влияние АСУДД на уровень дорожной безопасности // Труды 7 международной науч.-практ.конф.«Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» - С-Пб, 2006.

2.Капский Д.В. Анализ аварийности с участием пешеходов на регулируемых перекрестках города Минска // Сб. докладов целевой конференции «Новое в профессиональном образовании специалистов для сферы обеспечения безопасности дорожного движения» - С-Пб, 2009. с. 94-103.

3.Капский Д.В., Кот Е.Н. Анализ аварийности движения на пешеходных переходах вне перекрестков. //Сб. докладов целевой конференции «Новое в профессиональном образовании специалистов для сферы обеспечения безопасности дорожного движения» - С-Пб, 2009. с. 103-114.

4. Mario Anzek, Zvonko Kavran, Vlado Klobucar. Adaptive Traffic Control Systems as Function of Safety // Proceedings of the 7th International Conference "Organization and road safety in cities" – Saint-Petersburg, 2006.

УДК 656

Метод конфликтных точек: как метод прогнозирования столкновений с ударом сзади

А.А. Михальченко, Д.П. Ходоскин

Анализируются методы прогнозирования аварийности. Производиться выбор оптимального метода прогнозирования столкновений с ударом сзади.

В работах [1,2] приведены результаты прогнозирования аварийности в конфликте «транспорт-транспорт» при помощи статистического метода. Этот метод позволяет сделать прогноз количества аварий на основании статистики аварийности за прошедший период. Данные по аварийности могут включать многочисленную и разнообразную информацию: общее количество аварий, в том числе с гибелью, ранением и материальным ущербом; количество пострадавших (погибших и раненых); динамику аварийности (как правило, сравнение с предыдущим периодом или несколькими периодами подряд). Однако значения вышеперечисленных показателей определить весьма сложно, так как исследуемый вид аварий (столкновения с ударом сзади) на 98-99 % является «неотчетным». В соответствии с [1] около 90 % всех аварий относятся к неотчетным, а значит, вся необходимая информация по ним зачастую отсутствует или дается в незначительных объемах. Как правило, около 80 % информации по таким авариям не собирается и не анализируется вообще [1,2,4].. В связи с чем, полученный результат будет мало отвечать реальности.

Метода конфликтных ситуаций (КФС) впервые был применен в 1967 году Перкинсом и Харрисом (США) для оценки вероятности ДТП и выявления аварийных участков на регулируемых перекрестках [1-3]. Метод основан на существовании зависимости между количеством КФС и количеством аварий. Определение числа конфликтных ситуаций происходит при помощи натурных наблюдений опытным специалистом (или группой специалистов) с целью выявления КФС, возникающих на объекте за некоторое время. В задачу наблюдателя входит одновременно и классификация наблюдаемых КФС. Этот метод сегодня является одним из наиболее перспективных. В странах СНГ он только начинает развиваться. И хотя в США и странах Европы уже существует достаточно большая методологическая база по этому методу, однако в нем остается ряд нерешенных вопросов. Применение данного метода вызывает следующие трудно разрешимые проблемы: отсутствие единой методики по сбору данных о КФС (в исследованиях различных авторов отличаются продолжительность наблюдения, время начала и окончания наблюдения и т.п.); идентификация КФС в зависимости от их тяжести; критерии для выделения каждой

группы КФС в разных исследованиях различны; поскольку КФС за исключением тяжелых, происходят без физических контактов между участниками и без видимого нарушения процесса движения, то само их визуальное обнаружение представляет определенную сложность (оценка КФС наблюдателем при визуальном методе исследования является достаточно субъективной); отсутствие общепринятой методики в определении величин коэффициентов приведения для разных групп КФС.

Вопрос визуальной оценки КФС значительно упрощается при использовании видеоаппаратуры, заменяющей визуальное наблюдение. Такой подход дает возможность более детально рассмотреть каждую КФС и снизить уровень субъективности. Если данный вопрос решить достаточно просто, то остальные вопросы остаются открытыми. Расчет коэффициента привидения базируется на изучении и сопоставлении статистических данных по исследуемому конфликтному объекту за несколько периодов. Конкретные методические разработки применительно к исследуемому виду аварий (столкновениям с ударом сзади) отсутствуют. Поэтому разрешение всех поставленных вопросов не представляется возможным. По этой причине исследование столкновений с ударом сзади с помощью данного метода очень затруднено.

Группа методов потенциальной опасности не требует ни наличия статистики аварийности за какой-либо период, ни реального объекта, но дает прогноз по общей совокупности факторов, влияющих на уровень аварийности. Эта группа включает следующие методы: линейных графиков коэффициентов аварийности, линейных графиков коэффициентов безопасности, конфликтных точек, конфликтных участков, конфликтных зон и метод замедлений [1-3,5].

Методы линейных графиков, включающие первые два из указанных, применяются в основном для прогнозирования аварийности на участках загородных дорог. Остальные методы применяются для прогнозирования аварийности на конфликтных объектах, где конфликтуют между собой транспортные и пешеходные потоки.

Метод линейных графиков коэффициентов аварийности позволяет определить на конкретных дорогах опасные участки.

Сегодня некоторые авторы предлагают использовать этот метод также и для исследования аварийности в условиях города. Однако, в работах [2,5] отмечено, что данный метод имеет много недостатков: влияние на аварийность множества факторов является чрезвычайно сложным и взаимоувязанным, однако оно учитывается простым перемножением коэффициентов аварийности, что тем самым предполагает одинаковый уровень их влияния; в моделях разных авторов перечень частных коэффициентов аварийности различен и не является исчерпывающим; перечень частных коэффициентов аварийности во многом зависит от частоты поступления и полноты статистической информации; и др. Данный метод позволяет лишь выявить опасные для движения участки и приблизительно оценить вероятность опасности, но не определить количественную оценку аварийности. Указанные недостатки не позволяют использовать данный метод на исследуемых конфликтных объектах достаточно эффективно.

Метод линейных графиков коэффициентов безопасности базируется на построении эпюры возможных скоростей движения, развиваемых на исследуемом участке. Он основан на следующем принципе: в местах перепада скоростей от большей к меньшей возникает опасность аварий. Чем больше перепад – тем больше опасность. Суть принципа состоит в том, что в местах перепада скоростей уже изменившимся условиям не соответствуют еще не изменившиеся скорости. По данной величине перепада скоростей и прогнозируют аварийность на участке. Метод дает удовлетворительные результаты при малых значениях интенсивности, в связи с чем он не приемлемым в городских условиях.

Смысл метода конфликтных точек заключается в определении опасности перекрестка для каждой его конфликтной точки с последующим суммированием [1-3]. Возможны различные варианты определения опасности на перекрестке данным методом – например, в определении общего числа конфликтных точек, либо по степени опасности каждой из конфликтных точек. Метод рассматривает конфликтные точки непосредственно на конфликтном объекте, а столкновения с ударом сзади происходят преимущественно до стоп-линии, то есть при подъезде к конфликтному объекту. Соответственно, конфликтная точка,

характеризующая столкновения с ударом сзади, не входит в перечень рассматриваемых этим методом конфликтных точек. Однако, используя основные положения и основываясь на рассматриваемых этим методом параметрах, а также их формульных определениях можно адаптировать его к определению потенциальной опасности для конфликтных точек, характеризующих именно столкновения с ударом сзади.

Метод конфликтных участков – является развитием прогнозирования аварийности по методам конфликтных точек и линейных графиков коэффициентов безопасности. Следовательно, он основывается на совокупности принципов перечисленных методов, а его применение для изучения столкновений с ударом сзади осложняется рядом нерешенных вопросов: вид структурной формулы для определения потенциальной опасности подразумевает, что все коэффициенты, составляющие эту формулу, оказывают одинаковое влияние на результат; нейтрализовать влияние этого недостатка можно проранжировав используемые коэффициенты, но каким образом это сделать – пока не вполне понятно; очевидно, что все факторы внутри основных коэффициентов также должны быть ранжированы таким образом, чтобы их влияние было неодинаковым и, по возможности, близким к реальному. Однако при внедрении современных разработок, предложенных в работах [2,3], можно нейтрализовать практически все из приведенных выше недостатков.

Сущность метода конфликтных зон заключается в определении потенциальной опасности для каждой конфликтной точки, которая затем суммируется в пределах конфликтной зоны. Впоследствии для каждой конфликтной зоны можно определить вероятностное число аварий.

Метод замедлений был разработан для прогнозирования столкновений с ударом сзади в третьей четверти прошлого века [6,7]. В нашей стране он разработан Ю.А.Врубелем [1]. Однако первые и масштабные исследования метода были проведены в США, где он также известен как «зона дилеммы» (в различных трактовках также «зона выбора» или «зона нерешительности»). Сущность метода заключается в определении параметров зоны дилеммы, где водители с равной вероятностью могут принять одно из следующих двух решений (а возможно и оба в различной

последовательности): резко затормозить и остановиться или ускориться и проехать перекресток. Причем первое решение зачастую приводит к столкновениям с ударом сзади, а второе – к возможному выезду на перекресток на красный сигнал, что, в свою очередь, может привести к столкновениям с транспортным потоком, начинающим движение. Однако ввиду недостатков данного метода он требует существенных доработок, основной смысл которых изложен в [8,9]. Рассматриваемый метод наиболее подходит для исследования именно механизма совершения столкновений с ударом сзади с помощью зоны дилеммы.

Экспертные методы в своей основе базируются на интуитивно-логическом анализе поставленного перед экспертами конкретного вопроса или ситуации. В связи с чем, группа экспертов должна составляться из лиц, компетентных в сфере ДД, то есть имеющих соответствующий уровень образования, квалификации и практикующих в данной области. Метод экспертного прогнозирования не требует проведения детальных исследований на участке сети, что можно отнести скорее к его недостаткам, чем к достоинствам, так как он носит субъективный характер. Мнение привлекаемого к анализу эксперта должно быть беспристрастным и объективным по отношению к проблеме и его коллегам. Однако, привлечение экспертов, соответствующих указанным требованиям достаточно дорого и не оправдывает себя при использовании метода на конкретном конфликтном объекте (например, при рассмотрении столкновений с ударом сзади на одном из перекрестков, а тем более – на одной конфликтной точке). Экспертное прогнозирование должно проводиться только в тех случаях, когда отсутствует объективная возможность получения данных для исследования другими методами. Поэтому на практике имеет смысл привлекать экспертов только для решения нетривиальных масштабных задач, которые не могут быть изучены прочими методами.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее подходящими для практического применения видится метод конфликтных точек с плавным переходом в метод конфликтных зон. А метод замедлений (метод зоны дилеммы) оптимально подходит для исследования именно механизма совершения столкновений с ударом сзади..

Литература

1. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения / Ю.А. Врубель. В 2 ч. – Минск: Фонд БДД, 1996. – 634 с.

2.Капский, Д.В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении: монография / Д.В. Капский. – Минск: БНТУ, 2008. – 243 с.

3.Капский, Д.В. Совершенствование метода прогнозирования аварийности на регулируемом перекрестке для повышения безопасности движения: Дис. канд. техн. наук: 05.22.10. – Минск, 2003. – 132 л.

4..Правила учета дорожно-транспортных происшествий. Приказ МВД РБ от 18.05.1996 №104

5. Врубель, Ю.А. Потери в дорожном движении / Ю.А. Врубель. – Минск: БНТУ, 2003. – 328 с.

6. Evaluation of advance warning signals on high speed signalized intersections (MPC-03-155).

7. Traffic signal timing manual. P. N.: FHWA-HOP-08-024. JUNE 2008. -Washington: U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2008. – 274 p.

8. Ходоскин Д.П. Зона дилеммы: существующие методики и предложения по их усовершенствованию / Д.П. Ходоскин. Восточно-европейский журнал передовых технологий 5/4 (53)/2011. Под ред. И.Г. Филиппенко. Харьков, Украина. 2011 г. – С. 42-47

9. Ходоскин Д.П. Разработка методики для определения местоположения и борьбы с последствиями зоны дилеммы на примере регулируемого перекрестка г. Гомеля / Д.П.Ходоскин. Вестник Белорусского гос. ун-та транспорта 1(22)/2011. Науч.-практ. журнал. Изд-во УО «БелГУТ», 2011 г. – С. 39-44.

Поступила

УДК 338.47

Анализ методов борьбы с дорожными заторами

Р.Н. Рогова, А.А.Компанеец

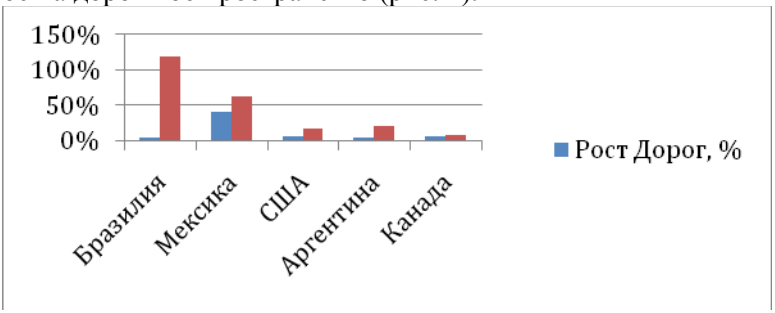
Представлен анализ методов борьбы с дорожными заторами, рассмотрен вопрос использования платных дорог в качестве эффективного способа регулирования ДД, приведена статистика использования платных дорог в странах мира, рассмотрены варианты тарифов за пользование платными дорогами и способы взимания платы.

Перегруженность УДС стала одной из самых насущных проблем в городах всего мира. Неблагоприятные последствия заторов – это огромные убытки для экономики, вызванные задержками транспорта, сокращением скорости движения транспортных средств и неопределенностью времени поездки. В результате заторов спрос на услуги общественного транспорта падает и, как следствие, уменьшается пассажиропоток и уровень доходов транспортных предприятий. Кроме того, частые остановки и начало движения транспортных средств в условиях плотного

движения имеют пагубное влияние на потребление энергии и, соответственно, на экологию.

Меры, предпринимаемые в странах мира для борьбы с заторами. Дорожные заторы являются следствием дефицита достаточных дорожно-магистральных ресурсов (дорожного пространства) со стороны *предложения* данного пространства по сравнению со *спросом.* Проблема может решаться путем увеличения предложения и снижением спроса (на дорожное пространство). Основными стратегиями, которые использовались для решения указанной проблемы до настоящего времени, являлись строительство новых дорог и магистралей; изменение структуры землепользования и стимулирование населения к использованию общественного транспорта.

В прошлом транспортное планирование преимущественно занималось прогнозированием будущего спроса на дорожно-магистральные ресурсы и сводилось к ***строительству новых магистралей и автострад***, чтобы соответствовать спросу. В некоторых случаях проблему дорожных заторов следует решать в определенной степени посредством строительства новых дорог – для обеспечения альтернативного дорожного пространства там, где оно отсутствует или там, где дороги низкого качества. Однако одно лишь новое строительство не решает проблему заторов. В условиях бесплатной эксплуатации дорог государственных фондов недостаточно для покрытия значительных затрат на дорожное строительство, чтобы обеспечить прогнозируемый растущий трафик. Ни одной стране мира не удалось поддерживать темпы дорожного строительства, опережающие непрерывно растущий спрос на дорожное пространство (рис. 1).



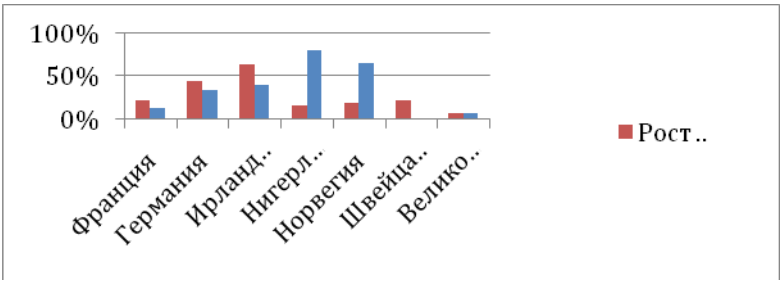


Рис. 1. Темпы роста а) числа транспортных средств и б) строительства автодорог в период 1989 – 2010

Во многих крупных городах пытались справиться со стремительно растущим трафиком путем ***реорганизации использования территорий***, рассредоточив различные виды деятельности и перенеся их за пределы городов либо концентрируя бизнес-центры и жилую недвижимость в городских «коридорах» с целью сделать общественный транспорт более функциональным. Суть первого подхода заключается в том, что на окраинах городов лучше условия, подходящие для современных видов транспорта – больше пространства для парковочных мест, для строительства погрузочных/разгрузочных платформ, пересадочных узлов и иных специализированных сооружений для различных видов транспорта. Отрицательным эффектом такого подхода является «рассеянный» характер (разбросанность на обширной территории), что приводит к переносу трафика и возможных заторов за пределы города. Что касается второго подхода, то попытки соединить бизнес-центры и жилые дома в городских «коридорах» (для облегчения перемещения из одной части города в другую) могут привести к проблемам в сфере землепользования и на рынке недвижимости. Как показывает практика, усовершенствования в использовании территорий в очень ограниченной степени влияет на снижение дорожных заторов.

Другим способом решения проблемы дорожных заторов является ***переориентация населения на общественный транспорт***. Он особенно актуален в крупных городах с развитой и хорошо организованной инфраструктурой, таких как Лондон, Нью-Йорк или Токио. В городах с высокой концентрацией экономически активного и занятого населения и различных видов

деятельности в центральных районах целесообразно использовать автобусный транспорт или метро, а также пригородные поезда. Путем улучшения качества обслуживания общественного транспорта и продлением часов его работы необходимо «переориентировать» часть населения с личных автомобилей (пусть даже только с пунктов пересадки) на общественный транспорт. Это позволит несколько разгрузить основные трассы и дороги, ведущие в центр города. Тем не менее, возможность «транзита» большого количества пассажиров ограничена степенью концентрации экономически активного населения и видами деятельности. Поэтому необходима деконцентрация деятельности от главного центра активности. Схема «транзита» явно не будет работать для рабочих мест, рассеянных на определенной территории (не только от центра активности, но еще и между собой), а также для поездок на короткие расстояния.

Экономические основания для использования платных дорог как метода борьбы с заторами на дорогах. Ряд предпринимаемых усилий по всему миру, направленный на борьбу с дорожными заторами, указывает на то, что решение данной проблемы возможно при применении правильного ценообразования на такой дефицитный ресурс, как дороги и дорожные магистрали. Сложной задачей является сбалансированная установка цен таким образом, чтобы привести к равновесию между собой Спрос и Предложение на дорожную инфраструктуру. Препятствием в области наложения платы за пользование дорог являются трудности с определением стоимости использования дорожного пространства. Дорожно-транспортная инфраструктура относится, по определению экономистов, к «скоропортящимся» благам. Если существующим дорожным ресурсом не воспользовались в течение определенного времени, то его невозможно «законсервировать» и сохранить его для пользования в будущем. С другой стороны, обеспечение дополнительного дорожного ресурса (расширение существующих пропускных мощностей) в периоды перегрузок и дорожных заторов является крайне дорогостоящим – приобретение прав на прокладку трассы/магистрали, получение различных, включая экологические, разрешений и огромные затраты на строительство. Для эффективного использования транспортной инфраструктуры

или для получения максимальной пользы от ее использования следует применить принцип предельных издержек в ценообразовании. Эта проблема решается с позиции максимизации полезности путем установления цены на уровне предельных социальных издержек.

Процесс установления платы за пользование дорогами может быть разделен на несколько этапов.

1. Коридорный подход. Плата взимается при использовании конкретной дороги, которая обеспечивает прохождение транспортных средств из одного пункта в другой. Основная цель – получение доходов для оплаты дороги. «Коридорная» пошлина была первым типом платной дороги, который был реализован. До конца 1980-х оплата пошлин требовала от водителей транспортных средств остановки. Пошлины взимались либо на точках сборов, либо за всю поездку сразу. Но к настоящему времени порядок сборов резко изменился. В 1987 году Шведская компания «КОМБИТЕХ» представила миру свою первую электронную систему по взиманию сборов. Электронная система взимания сборов теперь является альтернативой многим методам по всему миру, а в некоторых странах около половины всех сборов в настоящее время производится таким образом. Технически электронная система может осуществлять сбор платы за проезд на скорости 120 км/ч и выше, что означает уменьшение очередей вокруг пунктов сборов. В настоящее время на всех стадиях оплаты за пользование дорогами широко используют видеокамеры.

2. Территориальная схема. Взимание платы производится за въезд в область тесно интегрированной системы дорог. Взимание сборов применяется для управления городскими заторами. Цель заключаются в улучшении условий ДД, а также получения дохода для обслуживания дорог.

«Коридорный подход» может быть применен только к тем дорогам, которые не являются частью интегрированной местной дорожной сети. В этом случае, становится невозможным взимание сборов за доступ к конкретной дороге, поэтому территориальная схема становится жизнеспособной альтернативой. Состояние всей сети, а не только отдельных дорог, влияет на дорожную ситуацию.

3.Национальные и транснациональные системы. На данной стадии область дорожных сборов распространяется на

более широкую сеть автодорог, а не отдельные зоны. Этап предполагает продвижение предыдущего этапа путем создания электронных систем взимания платы за проезд по всей стране. Существенным отличием этапа III от этапа II является вовлечение правительств в решение вопросов, связанных с “совместимостью” работы указанных систем, т.е. приведение различных технологий к единому принципу для совместного функционирования. Совместимость систем также позволяет распределять издержки, связанные со строительством трасс и дорог, а также издержки, связанные с обслуживанием трасс и клиентов, между различными системами тарификации.

4. Объединение. В будущем пользователям предлагается сделать осознанный выбор конкретного вида транспорта на каждом этапе своей поездки. Сборы будут стимулировать путешественника в выборе наиболее эффективного вида транспорта. Полностью интегрированная система будет обеспечивать сбалансированный конкурентный рынок между всеми существующими средствами транспорта. Существует ряд альтернативных видов транспорта, и “умная” система сможет предоставить лицу, осуществляющему поездку, возможность принять информированное решение в отношении выбора как вида транспорта, так и маршрута поездки. Механизм единого платежа может быть применён как для оплаты сбора за пользование дорогами, так и за услуги общественного транспорта.

Как показывает статистика, платные автомагистрали существуют более чем в 30 странах мира. Всего в мире насчитывается около 25 млн. км дорог, из которых примерно 150 тыс. км – платные. Более 3% платных автодорог от общей протяженности всех дорог в стране имеют Аргентина, Хорватия и Гонконг. От 1 до 3 % – Сербия, Швейцария, Мексика, Италия, Словакия, Малайзия, Корея, Колумбия. Менее 1 % – во Франции, Японии, Греции, Белоруссии, Чехии, Испании, Норвегии, США, Китае, ЮАР, Индонезии, Таиланде, на Филиппинах. В Великобритании и Чили платных дорог менее 0,01% (в Великобритании – 43 км). В Германии для легкового транспорта все дороги бесплатны, а плата взимается только с грузовых автомобилей. Предельная доля коммерческих дорог в странах мира – не более 5 %. Но, как правило, это главные автомагистрали, по

которым движется самый большой поток транспорта. Так, в Индонезии, Мексике и Корее платными являются 100 % скоростных автомагистралей, в Аргентине и Италии – более 80 %, в Японии, Малайзии, ЮАР – более половины. В Западной Европе платными являются магистрали лучшего качества, а также тоннели, мосты, путепроводы столь же высокого класса. Такие дороги предназначены для скоростного передвижения, а не для местных сообщений. Как правило, они не пересекаются между собой на одном уровне. При этом у платных дорог должна быть бесплатная альтернативная дорога; но она либо более протяжённая, либо менее удобная, либо имеет более жёсткое ограничение скорости.

Тарифы на проезд по платным автомагистралям различаются в зависимости от массы и типа транспорта. Европейской ассоциацией разработано пять тарифных групп. Существует несколько схем оплаты проезда по автомагистралям. Например, при покилометровой схеме плата взимается в зависимости от протяжённости дороги и тарифа за 1 километр. Самый дорогой проезд – во Франции (около €0,12 за 1 км). При схеме с абонентской платой плата взимается раз в год и позволяет пользоваться любыми платными дорогами без каких-либо ограничений. Стоимость годового абонента в Швейцарии – $30, в Чехии – $15, в Словакии – $7, в Австрии – €72, в Венгрии – €150.

Взимание оплаты производится различными способами. Наиболее распространена турникетная система, причём число турникетов достаточно, чтобы не создавать задержек в движении. В Польше въезд и выезд на платные автомагистрали происходит только на специальных пунктах. На въезде водитель оплачивает половину суммы, на выезде – оставшуюся часть. В Чехии, Венгрии и Словакии на бензоколонках продаются карточки для проезда по платным дорогам, клеящиеся на лобовое стекло. В Словении водитель может прикрепить на лобовое стекло электронную карточку – и при проезде по платным трассам требуемая сумма автоматически снимается с банковского счёта владельца. В США, Канаде и Австралии некоторые платные автомагистрали располагают системой телевизионных детекторов, которые определяют проезжающий автомобиль с установленным под лобовым стеклом электронным прибором, и на адрес владельца

транспортного средства приходит счёт за пользование платной дорогой.

Окончательно поступила 17 февраля 2012 года

От научного редактора: *По мере возникновения необходимости в сборниках нашей международной конференции возникает раздел «В помощь проектировщик ТСГ». В настоящее время возникла необходимость издания серии научно-методических пособий, руководств, указаний по проведению обследований, по транспортным расчетам и примеров по проектированию транспортных сетей и организации движения. Но пока таких документов нет, Оргкомитет конференции решил опубликовать 4 примера из проектной практики организации движения наших минских коллег*.

УДК 656.13

Разработка решений по организации движения на нерегулируемых пешеходных переходах

Д.В. Капский, А.В. Коржова, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозалевский, А.С. Полховская, Е.Н. Горелик, А.Д. Лукьянчук

Приводится пример выбора различных вариантов организации дорожного движения на нерегулируемом пешеходном переходе средненагруженной улицы крупнейшего города. Оценка вариантов производилась по прогнозируемой величине потерь в дорожно движении при различных вариантах.

Любое решение по организации дорожного движения должно быть оценено по величине потерь в дорожном движении. В БНТУ разработаны методики определения экономических, экологических и аварийных потерь, что делает возможным наилучшего решения с точки зрения совокупного качества – минимизации суммарных потерь. Для примера по заказу ГУВД Мингорисполкома был выбран пешеходный переход через ул. Нестерова (возле д.49 – ТЦ «Максимус»). Он расположен в микрорайоне Ангарская Заводского района г. Минска. Улица Нестерова соединяет ул. Алтайскую (микрорайон Северный поселок) с ул. Илимской (микрорайон Ангарская), пересекает ул. Ангарскую, ул. Герасименко, ул. Охотскую, ул Иркутскую и

является участком маршрута движения транспортных потоков по направлению микрорайон

Были выполнены исследования параметров транспортных и пешеходных потоков путем натурного эксперимента по методике Белорусского национального технического университета в рабочие дни недели. Измерения разделялись на отдельные независимые замеры по входам и по направлениям. Каждому входу на пересечении присваивался указанный индекс по часовой стрелке. Входы главной дороги обозначались как А и С. Для одного из входов указывался ориентир. Длительность одного замера, как правило, составляла не менее 15 минут. Замеры проводились с 9.00 до 20.00. Замер – регистрация в заданном сечении автомобилей при помощи специальных символов за определенный промежуток времени. Ангарская – Центр (рис. 1).

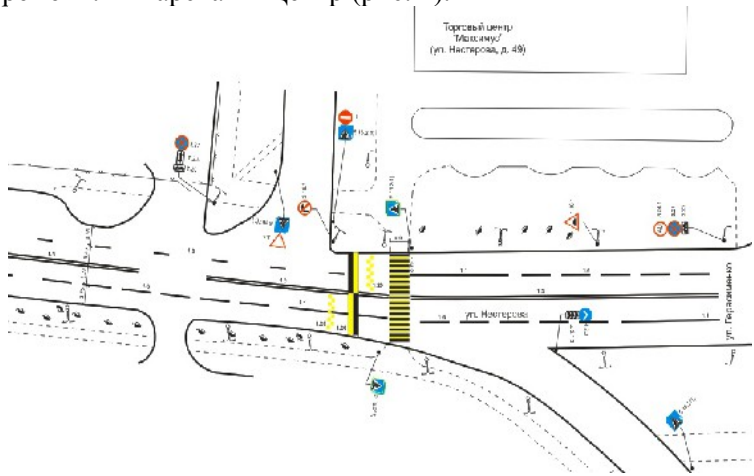


Рис.1 – План исследуемого пешеходного перехода по ул. Нестерова, д. 49

Состав транспортного потока разбит на девять групп, которые были обозначены символами Л (мотоциклы, легковые автомобили), К (микроавтобусы пассажирские маршрутные), Г (грузовые и грузопассажирские микроавтобусы, грузовые автомобили средней грузоподъемности), П (автопоезда, тракторные поезда), Р (грузовые автомобили большой грузоподъемности), Т (троллейбусы), С (сочлененные автобусы и троллейбусы), О (маршрутные автобусы) и А (немаршрутные

автобусы). В программном комплексе НИЦ ДД БНТУ затем были обработаны исходные данные, в результате чего получены картограммы интенсивности и неравномерности движения, диаграммы состава потока и таблицы параметров.

Треугольники боковой видимости определялись экспериментальным путем. Треугольник видимости нормативный принят 40м×8м в конфликте транспорт-пешеход по СНБ 3.03.02-97 «Улицы городов, поселков и сельских населенных пунктов. Строительные нормы проектирования», поскольку разрешенная максимальная скорость движения транспортных потоков в зоне приближения к пешеходному переходу равна 40 км/ч. Также оценивалась прозрачность треугольника боковой обзорности. Если автомобиль виден почти непрерывно (более 90% времени), то прозрачность треугольника боковой видимости отличная. Если видимость составляет 70…90% времени, то прозрачность хорошая (имеются отдельные помехи, например: стойки дорожных знаков, опоры линии электропередач, отдельные нетолстые деревья); если 40…70% - удовлетворительная (значительные помехи, включая отдельные припаркованные автомобили); менее 40% – неудовлетворительная (очень сильные помехи, в том числе, деревья, припаркованные грузовые автомобили и автобусы, с трудом или перерывами различается главный конфликтующий участник).

По данным, официально предоставленным УГАИ ГУВД Мингорисполкома, был выполнен анализ аварийности по отчетным авариям, совершенным на данном пешеходном переходе. По карточкам происшествий с материальным ущербом, которые были официально предоставлены ОГАИ Заводского РУВД, был выполнен анализ аварийности по неотчетным авариям. Результаты очагового анализа представлены на рис. 2.

В результате очагового анализа аварийности и оценки пропускной способности были намечены основные варианты совершенствования организации ДД. Необходимо отметить, что выбор был осложнён тем фактом, что помимо действенных мер по снижению аварийности необходимо было выбрать и достаточно некапиталоемкое техническое решение (помимо устройства наземного или подземного перехода, уширения проезжей части и т.п.). Разработанные варианты представлены на рис.3-5. Они

связаны с возможным устройством приподнятого пешеходного перехода (разновидность ИН), участка разделительной полосы либо устройством островка безопасности (что позволяет «спрятать» левоповоротный поток и устроить так называемый «отнесенный левый поворот» на прилегающую улицу). Во всех вариантах предусмотрено устройство ПВУ.

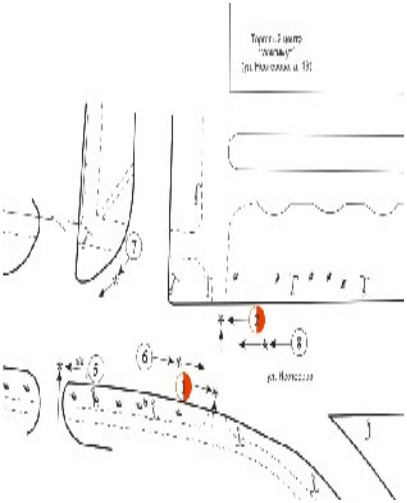


Рис.2 – Очаговый анализ аварийности на пешеходном переходе по ул. Нестерова, д. 49

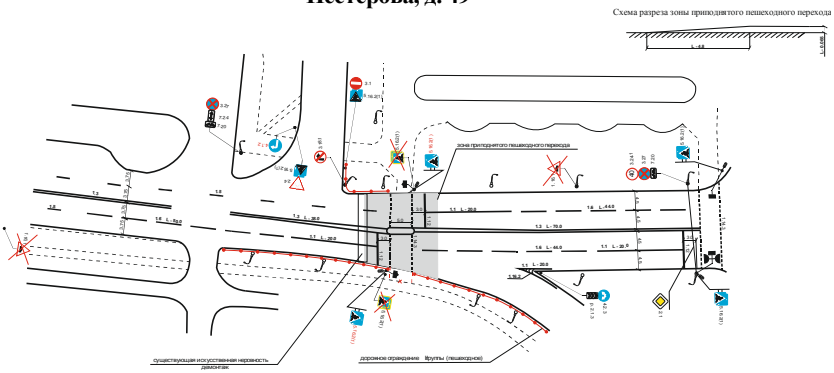


Рис. 3– Вариант ОДД (приподнятый пешеходный переход с устройством ПВУ)

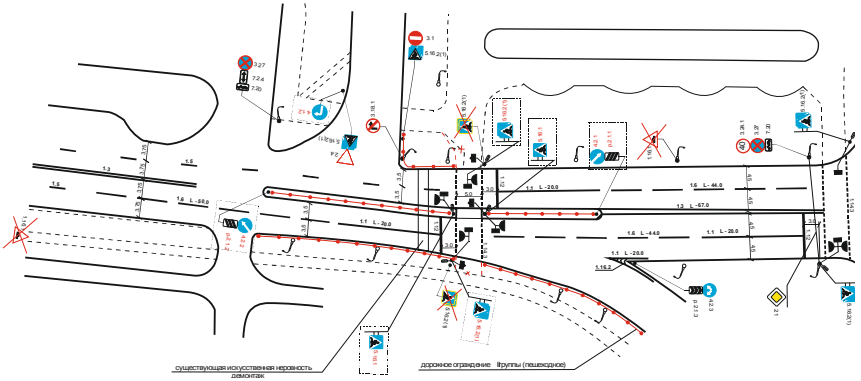


Рис. 4 – Вариант ОДД (ПВУ с разделительной полосой)

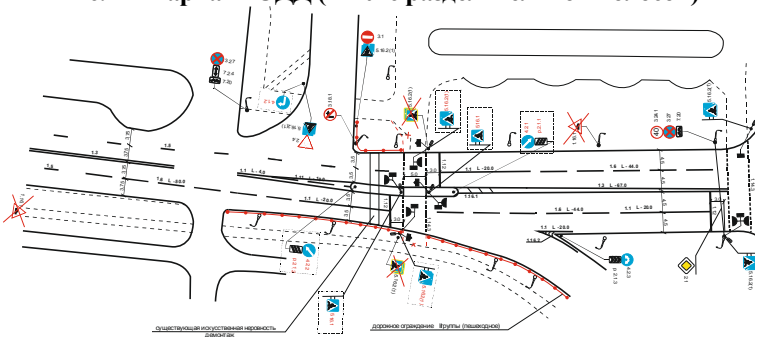


Рис.5 – Вариант ОДД (ПВУ с островком безопасности)

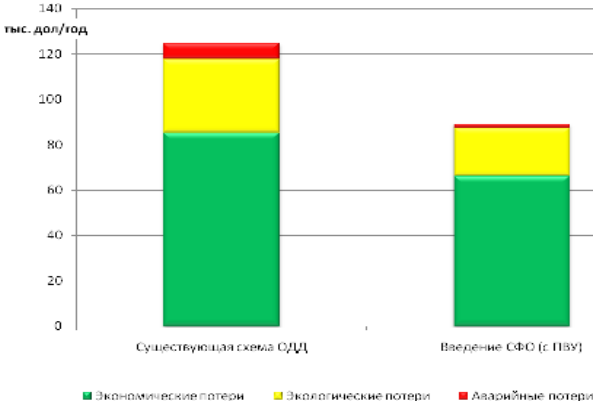


Рис. 6 – Потери в дорожном движении по вариантам предлагаемых решений

Расчет аварийных, экономически и экологических потерь. (рис. 6) показал, что основной вариант с введением светофорного регулирования с ПВУ будет более безопасен и экономически выгоден, чем существующий нерегулируемый переход с искусственной неровностью. В результате исследований и анализа существующих условий ДД на нерегулируемом пешеходном переходе по ул. Нестерова, 49 выявлено, что уровень суммарных потерь в дорожном движении на участке составляет около 124,5 тыс. у.е./год, в том числе потери от аварийности – 7,1 тыс. у.е./ год. Реализация предлагаемых мероприятий позволит снизить уровень аварийных потерь на пешеходном переходе ориентировочно на 5,4 тыс. у.е./год с уменьшением числа аварий более чем на 75%.

Окончательно поступила 13 марта 2012 года

УДК 656.13

Совершенствование организации дорожного движения на нерегулируемом перекрестке

Д.В. Капский, А.В. Коржова, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозалевский, А.С. Полховская, Е.Н. Горелик, Н.В. Артюшевская, Ю.К. Шлендик

Приводится пример разработки решения по организации дорожного движения на нерегулируемом перекрестке средненагруженных улиц крупнейшего города. Оценка вариантов производилась по прогнозируемой величине потерь в дорожном движении.

Как известно, каждое решение по организации дорожного движения (планировочного, организационного и иного характера) должно быть оценено по величине потерь в дорожном движении. В БНТУ разработаны методики определения экономических, экологических и аварийных потерь, что делает возможным наилучшего решения с точки зрения совокупного качества – минимизации суммарных потерь.

По заданию ГУВД Мингорисполкома был выбран нерегулируемый перекресток. План исследуемого перекрестка представлен на рис.1. На ул. Серова на входе А имеется 4 полосы для движения – по две в каждую сторону, отделенные разметкой 1.3. Ширина каждой из полос составляет 3,5 м (ширина проезжей части – 14 м). Ширина проезжей части на входе В – 10,5 м (две

полосы по 5,25 м), на входе С – 10 м (две полосы по 5,0 м), на входе D – 12,5 м (две полосы по 6,25 м). На расстоянии 13 м от границы перекрестка на входе D устроена искусственная неровность, обозначенная знаками и дорожной разметкой.

Ширина пешеходного перехода на входе D – 4 м. Пешеходные переходы через другие входы отсутствуют. Тротуары, устроенные вдоль улицы Серова со стороны ул. Стебенева (вход D), а также тротуары вдоль переулка Асаналиева (до пересечения с ул. Серова) отделены от проезжей части зелеными насаждениями. Тротуар вдоль улицы Серова (со стороны входа А), а также вдоль пер. Асаналиева (на входе В) прилегает непосредственно к проезжей части. Состояние тротуаров вдоль улицы Серова, а также вдоль переулка Асаналиева (на входе В и входе D со стороны ул. Кижеватова) – хорошее, вдоль переулка Асаналиева на входе D – неудовлетворительное (имеются значительные неровности); состояние проезжей части хорошее – без значительных неровностей, люки не имеют выступов и впадин. ТСОДД находятся в хорошем или отличном состоянии, разметка нанесена краской. Имеется уличное освещение.

По данным УГАИ ГУВД Мингорисполкома выполнен анализ по отчетным авариям, совершенным на данном пешеходном переходе. По карточкам происшествий с материальным ущербом выполнен анализ аварийности неотчетных аварий. Результаты очагового анализа представлены на рис.2. Исследования параметров транспортных и пешеходных потоков путем проведены по методике БНТУ.

В период с 2004 года на исследуемом перекрестке произошла одна авария с пострадавшим (в 2007г), причем эта авария совершена там, где треугольник боковой видимости имеет неудовлетворительную прозрачность.

Главными причинами повышенной аварийности на нерегулируемых перекрестках и пешеходных переходах являются: недостаточная видимость, особенно боковая, недостаточная освещенность в темное время суток, недостаточное обустройство перекрестка и пешеходных переходов средствами организации дорожного движения, нечеткость приоритета, высокая доля второстепенного движения и др.

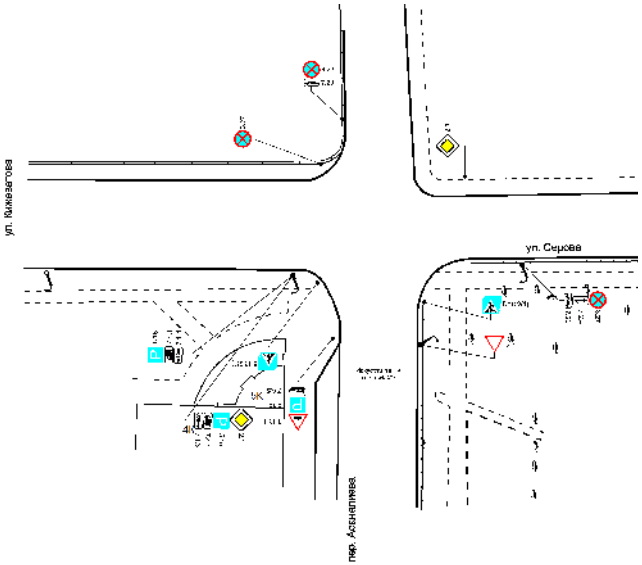


Рис. 1 – План исследуемого перекрестка ул. Серова – пер. Асаналиева

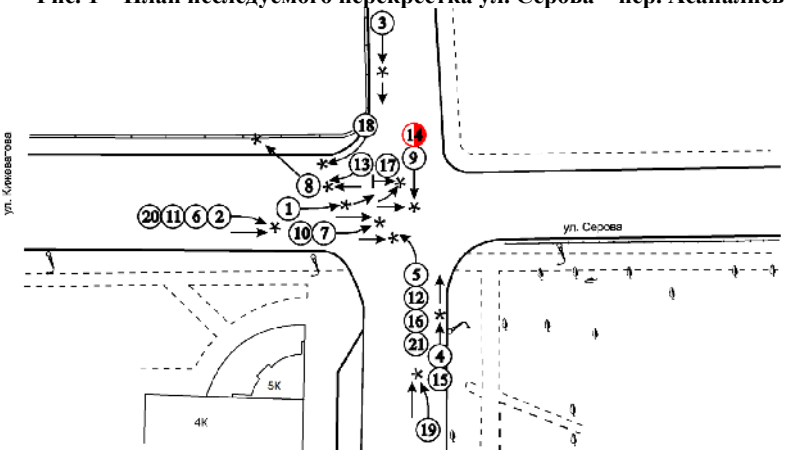


Рис. 2 – Очаговый анализ аварийности на исследуемом перекрестке (фрагмент)

В связи с совершением аварий и возникновением заторовых ситуаций в пиковый период, особенно при выезде с пер. Асаналиева, на данном нерегулируемом перекрестке необходимо ввести светофорное регулирование со специализацией по полосам

и организовать пешеходные переходы через каждый вход на перекресток. В соответствии с СТБ 1300-2007 соблюдается условие введения светофорного регулирования (Условие 1 – в течение любых 8 ч рабочего дня недели интенсивность движения транспортных средств не менее указанных в таблице стандарта). Разработан различные варианты организации дорожного движения на рассматриваемом перекрестке (рис. 3-4).

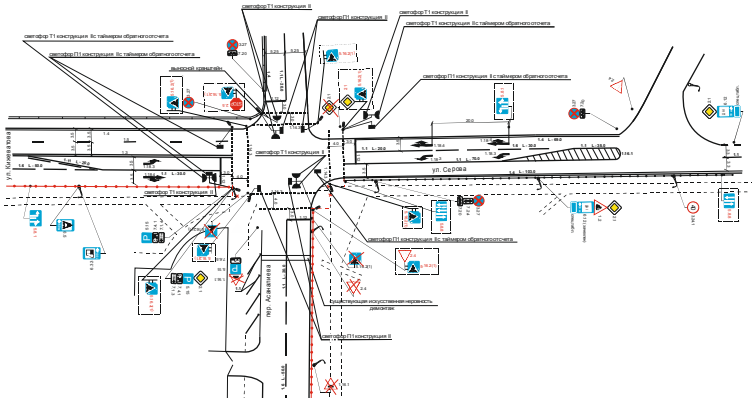


Рис. 3 – Вариант ОДД на исследуемом перекрестке (фрагмент)

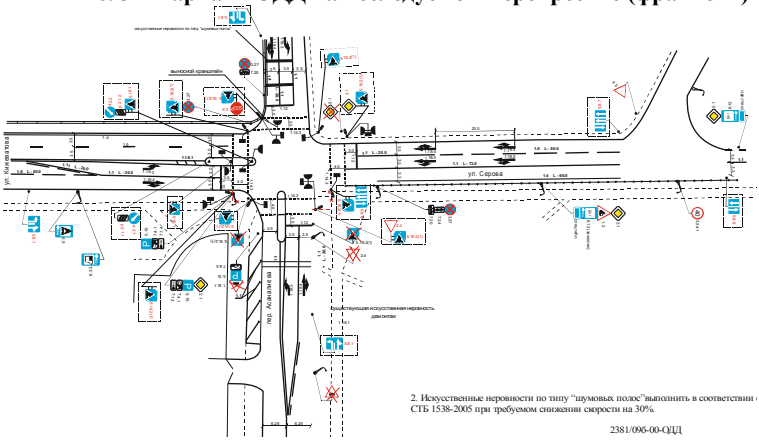


Рис. 4 – Вариант ОДД на исследуемом перекрестке (фрагмент)

Для «правильной» работы регулируемого перекрестка необходимо нанести новую дорожную разметку на подходе к нему

и на самом перекрестке со специализацией по направлениям, оборудовать перекресток светодиодными светофорами: 4 транспортных светофора Т.1-II, 4 транспортных светофора Т.1-II с отсчетом времени, 8 пешеходных светофоров П.2 с таймером обратного отсчета времени пешеходам; демонтировать существующую искусственную неровность; разработать диаграмму светофорного регулирования, обеспечивающую безопасное и комфортное обслуживание участников дорожного движения.

На рис. 5 указана предлагаемая диаграмма светофорного регулирования. Продолжительность цикла составляет 64с. При координированном регулировании продолжительность цикла на данном перекрестке должна быть равна длине цикла на перекрестке ул. Серова – ул. Кижеватова и составлять 86 секунд. Диаграмма составлена в программном комплексе БГУ КБСТ (приложение к ПО «ДУМКА»).

При введении светофорного регулирования упорядочивается движение через перекресток, снижается время ожидания выезда на перекресток со второстепенных улиц и повышается безопасность движения пешеходов.

В результате исследований и анализа существующих условий дорожного движения на нерегулируемом перекрестке ул. Серова – пер. Асаналиева выявлено, что потери от аварийности составляют 2,7тыс. у.е./год. В табл.1 приведены результаты расчета потерь после реализации предлагаемого мероприятия и оценка существующих потерь.

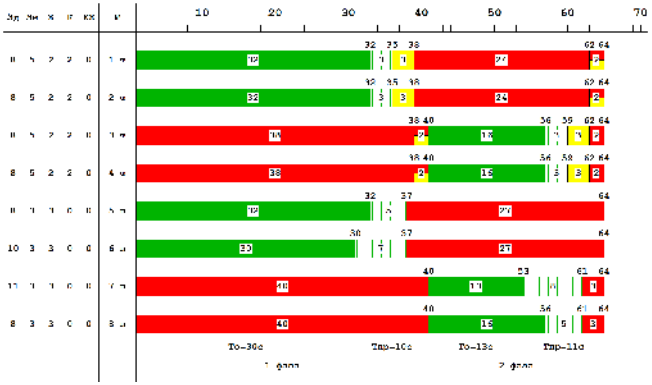


Рис. 5 – Предлагаемая диаграмма светофорного регулирования

Табл.1 – Результаты сопоставления потерь в дорожном движении (тыс. дол/год)

Наименование параметра	Индекс	Существующая схема ОДД	Введение СФО
Аварийные потери	$П_{а}$	2,7	0,7
Экологические потери	$П_{экл}$	24,1	19,1
Экономические потери	$П_{экн}$	86,1	42,1
Суммарные потери	$П_{\Sigma}$	110,9	29,9

Реализация разработанных мероприятий позволит снизить уровень аварийных потерь на перекрестке с уменьшением числа аварий на 70-80%.

Окончательно поступила 12 февраля 2012 года

УДК 656

Совершенствование организации движения на конфликтном объекте магистральной улицы крупнейшего города

Д.В. Капский, А.В. Коржова, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозалевский, А.С. Полховская, Е.Н. Горелик, Н.В. Артюшевская, Ю.К. Шлендик

В статье рассматриваются вопросы совершенствования организации дорожного движения на магистральной улице крупнейшего города. Объект исследования – два регулируемых пешеходных перехода в месте примыкания второстепенного выезда. Рассмотрены различные варианты планировочных и организационных решений, которые оценены по прогнозируемой величине потерь в дорожно движении при различных вариантах.

Транспортная услуга осуществляется непосредственно в дорожном движении, поэтому основной задачей является его рациональная организация и повышение качества, определяемого совокупностью таких основных свойств, как безопасность, экологичность, экономичность и социологичность. Качество дорожного движения или его отдельных свойств можно количественно оценить по величине потерь, под которыми понимают социально-экономическую стоимость необязательных издержек в процессе движения. В БНТУ разработана методика определения потерь в дорожном движении, апробация которой проводится на различных реальных объектах УДС городов.

Объектом исследования по заданию ГУВД Мингорисполкома являлись два регулируемых пешеходных перехода, расположенные по обе стороны от нерегулируемого местного проезда к д. 55а по ул. Багратиона, примыкающего к ул. Филимонова (возле д.5). Такое расположение двух рядом расположенных регулируемых пешеходных переходов связано с наличием двух остановочных пунктов ГОТ, расположенных по разные стороны от проезда.

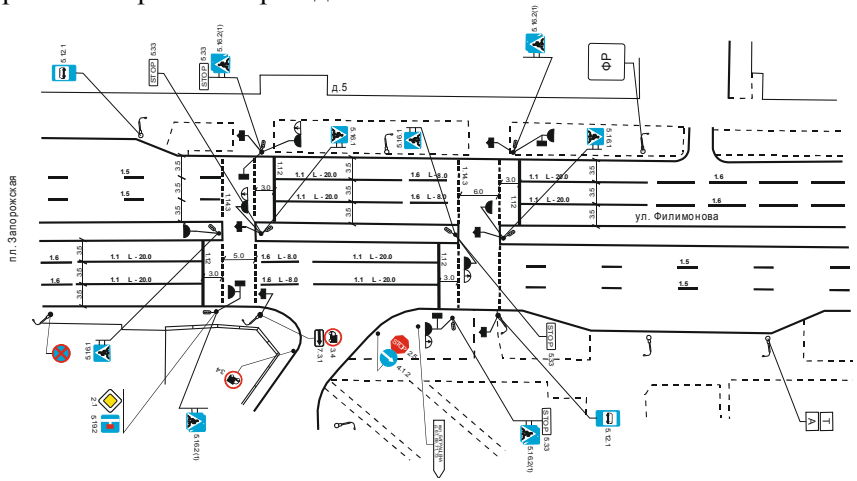


Рис.1 – План исследуемого участка ул. Филимонова, д. 5

В зоне приближения к исследуемому объекту по ул. Филимонова имеется по три полосы движения в каждом направлении и конструктивно выделенная разделительная полоса (рис.1). Ширина разделительной полосы – 3 м. Ширина каждой полосы – 3,5 м. Ширина пешеходного перехода на входе А – 5 м, а на входе С – 6 м. Ширина тротуара, устроенного вдоль ул. Филимонова со стороны местного проезда на входе А, колеблется от 1,5 м до 4 м. Сужение тротуара в некоторых местах связано с близко расположенными зданиями магазинов. Тротуар устроен с уклоном в сторону проезжей части. Тротуар вдоль ул.Филимонова со стороны д.5, а также с другой стороны улицы, от местного проезда в сторону ул. Парниковой, отделен от проезжей части газоном. Подходы к пешеходным переходам благоустроены, однако имеется «смещение» - границы подходов к пешеходным переходам не совпадают с границей пешеходного перехода, т.е.

напротив пешеходных переходов частично находится газон, что в итоге ведет к сужению фактической ширины переходов и дискомфорту пешеходов. Пониженный бортовой камень в местах подхода к пешеходному переходу с тротуара отсутствует. Пешеходная часть разделительной полосы расположена в одном уровне с проезжей частью, что не соответствует требованиям СТБ 1300-2007, согласно которому высота пешеходной части островка безопасности должна составлять от 0,05 до 0,08 м над проезжей частью. Состояние проезжей части удовлетворительное, имеется колейность и неровности проезжей части. На расстоянии около 13м от границы пешеходного перехода (выход А) и непосредственно у границы пешеходного перехода (выход С) в заездных карманах расположены остановочные пункты ГОТ («Авангардная»). На исследуемом объекте введено светофорное регулирование и установлены ПВУ. Однако, после строительства нового микрорайона и увеличения интенсивности движения пешеходов и транспорта, светофорный объект с начала утреннего пика и до окончания вечернего работал в режим жесткого регулирования.

По результатам замеров построен график распределения интенсивности движения ТС по каждой полосе в зоне приближения к пешеходному переходу (рис. 2).

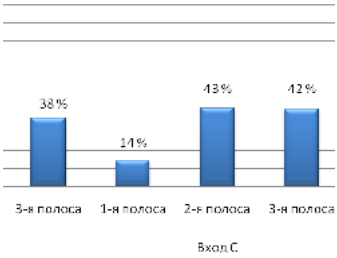


Рис. 2 – Распределение интенсивности движения по полосам на входах А и С

Из рис. 2, видно, что, как в направлении ул. Парниковой, так и в направлении пл. Запорожской, наиболее загружена вторая полоса движения, а наименее – первая полоса. Это связано с наличием на подходе к исследуемому объекту припаркованных на первой полосе автомобилей, что «выключает» полосу из движения и вынуждает водителей маневрировать.

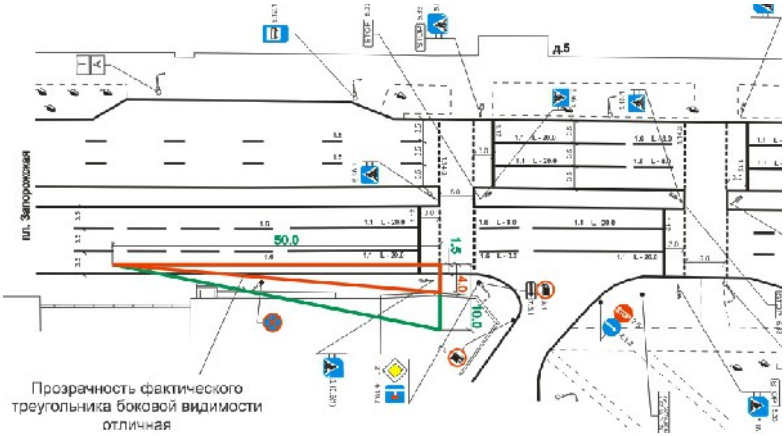


Рис. 3 – Треугольник боковой видимости в конфликте Т-П (вход А)

По рис.3 видно, что нормативный треугольник боковой видимости (зеленый цвет) не совпадает с фактическим треугольником боковой видимости (красный цвет).

Диаграммы уровня загрузки полос по ул. Филимонова. (рис. 4) показывает, что наиболее загружены вторая и третьи полосы движения, как в направлении ул. Парниковой, так и в обратном направлении. Это связано с тем, что первая полоса используется, в основном, для движения маршрутных транспортных средств и на ней осуществляется несанкционированная парковка автомобилей. Поэтому водители заранее выбирают маршрут движения по второй и третьей полосе. Следует отметить, что загрузка не достигает предельного значения.

Из очагового анализа аварийности (рис.5). видно, что наезды на пешеходов связаны в первую очередь с нарушениями ПДД самими пешеходами (т.е. переход проезжей части улицы в неустановленном месте); следует также отметить, что ДТП с участием пешеходов произошли в период, когда светофорный объект работал в режиме желтого мигания.

Поскольку на объекте происходят аварии с участием пешеходов, которые переходили проезжую часть ул. Филимонова в несанкционированном месте (в основном возле ОПМПТ «Авангардная») при наличии в пределах 50-70 м регулируемого

пешеходного перехода, необходимо установить на разделительной полосе дорожное ограждение 2-й группы (ограничивающее) (рис. 6), заменить ламповые светофоры на светодиодные: 4 транспортных светофора Т.1-II, 4 транспортных светофора Т.1-II с отсчетом времени, 4 пешеходных светофора П.1 с таймером обратного отсчета времени пешеходам, 4 пешеходных светофора П.1.

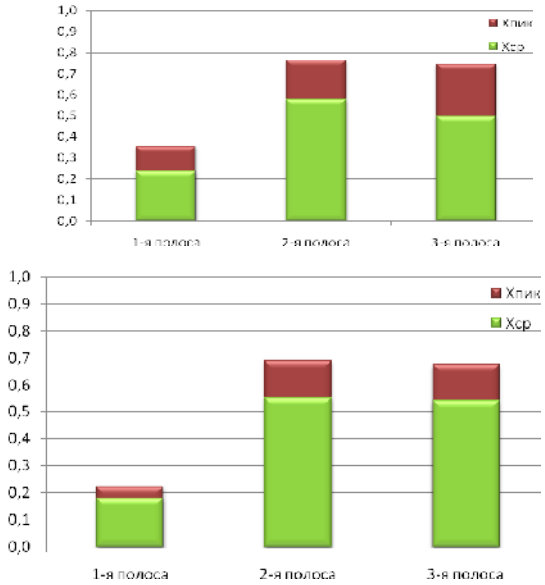


Рис. 4 – Уровень загрузки полос на входах А и С

С целью упорядочивания движения и простоты понимания сигналов светофора – демонтировать дополнительные светофорные секции – 4 штуки. Из-за увеличения интенсивности движения пешеходов и транспорта и введения объекта в АСУДД, светофорный объект необходимо перевести в режим координированного регулирования с начала утреннего пика до окончания вечернего и в режим жесткого регулирования в остальное время работы. Диаграмма светофорного регулирования, предусматривает продолжительность цикла 78с.

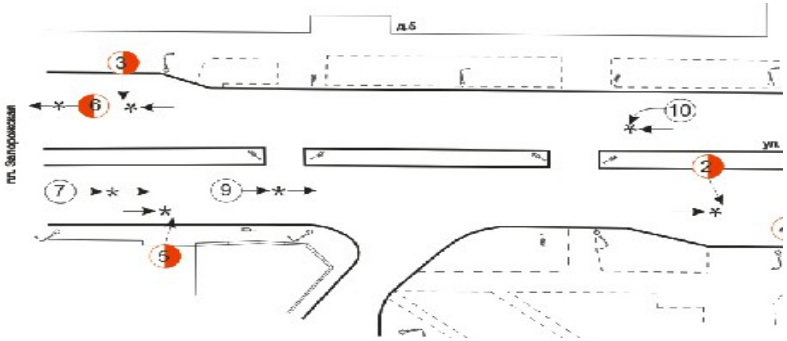


Рис. 5 – Очаговый анализ аварийности на исследуемом участке

Возможен вариант введения полного регулирования трехстороннего перекрестка со всех входов с устройством разрыва в разделительной полосе (рис. 7). При этом необходимо и организовать возможность выполнения левых поворотов со всех входов в регулируемом режиме. При такой схеме организации дорожного движения можно будет закрыть разрыв в разделительной полосе по ул. Филимонова напротив д. №13/1, чем уменьшить опасность конфликтов при выполнении левых поворотов, уменьшить значительные перепробеги транспорта и повысить пропускную способность улицы в целом.

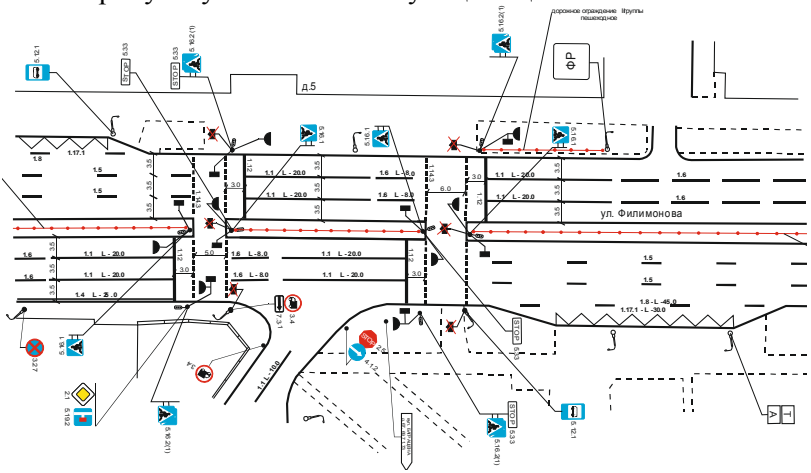


Рис. 6 – Вариант ОДД на исследуемом объекте

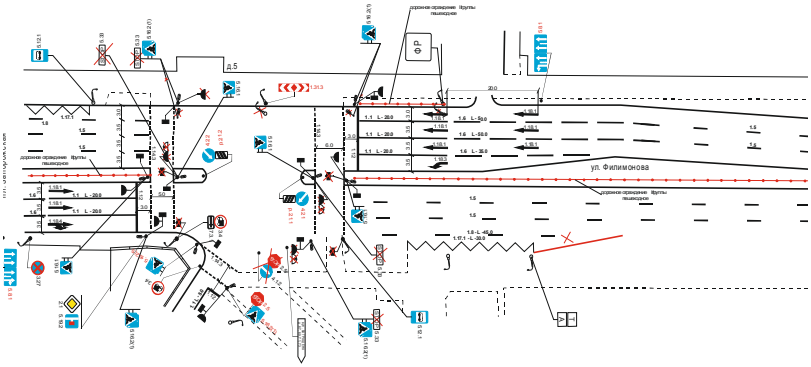


Рис. 7 – Вариант ОДД на исследуемом объекте

Мероприятия предполагают так же проведение других работ, которые надо рассматривать не для одного объекта, а для всей улицы в целом. В табл.1 и рис. 8 указаны результаты расчета потерь предлагаемых мероприятий.

Табл. 1 – Результаты сопоставления потерь в дорожном движении тыс. у.е./год

Наименование параметра	Индекс	Существующая схема ОДД	Реконструкция СФО
Аварийные потери	$П_а$	4,2	3,2
Экологические потери	$П_{экл}$	27,0	20,7
Экономические потери	$П_{экн}$	96,5	74,0
Суммарные потери	$П_Σ$	127,7	97,9

Реализация разработанных мероприятий позволит снизить уровень суммарных потерь (экономических, экологических и аварийных) на исследуемом объекте ориентировочно на 29,8 тыс. у.е./год.

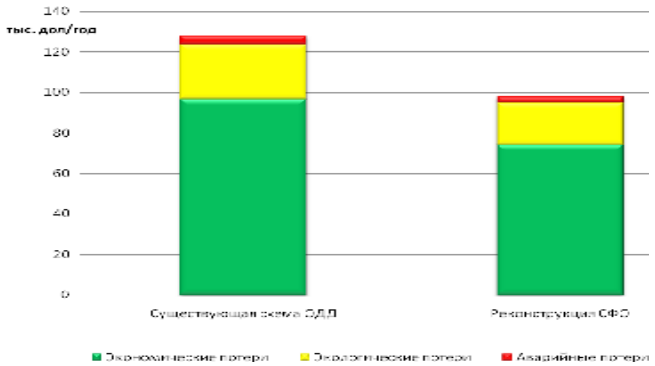


Рис. 8 – Потери в дорожном движении на исследуемом объекте

Поступила

УДК 656.135

Реализация методологии повышения безопасности движения (на примере нерегулируемого пешеходного перехода)

Д.В. Капский, А.В. Коржова, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозалевский, А.С. Полховская, Е.Н. Горелик, Н.В. Артюшевская, Ю.К. Шлендик

Рассматриваются вопросы совершенствования организации дорожного движения на магистральной улице крупнейшего города. Объект исследования – два регулируемых пешеходных перехода в месте примыкания второстепенного выезда. Рассмотрены различные варианты планировочных и организационных решений, которые оценены по прогнозируемой величине потерь в дорожном движении

В Республике Беларусь работы по повышению безопасности ДД в городских условиях системно не ведутся. В результате при довольно высоких темпах автомобилизации происходит неуклонный и быстрый рост очаговой аварийности. Чтобы изменить эту ситуацию, в БНТУ разработана структура научно-методической деятельности по повышению безопасности движения, базирующаяся на современных методах анализа и прогнозирования аварийности и выработке принимаемых решений. Она может стать основой действенной научно-практической системы повышения БД в городских очагах аварийности.

Последовательность действий условно можно разделить на 5 этапов (рис.1):

1) получение объективных исходных данных об условиях движения, параметрах транспортных и пешеходных потоков, аварийности, дорожных условиях и пр.;

2) выявление очагов аварийности или повышенного уровня экологических и (или) экономических потерь, установление причин аварийности;

3) поиск и принятие решений по устранению потерь в дорожном движении;

4) оценка эффективности и выбор наилучших решений по критерию минимизации аварийных, экономических и экологических потерь в дорожном движении;

5) разработка и внедрение мероприятий по повышению безопасности движения.

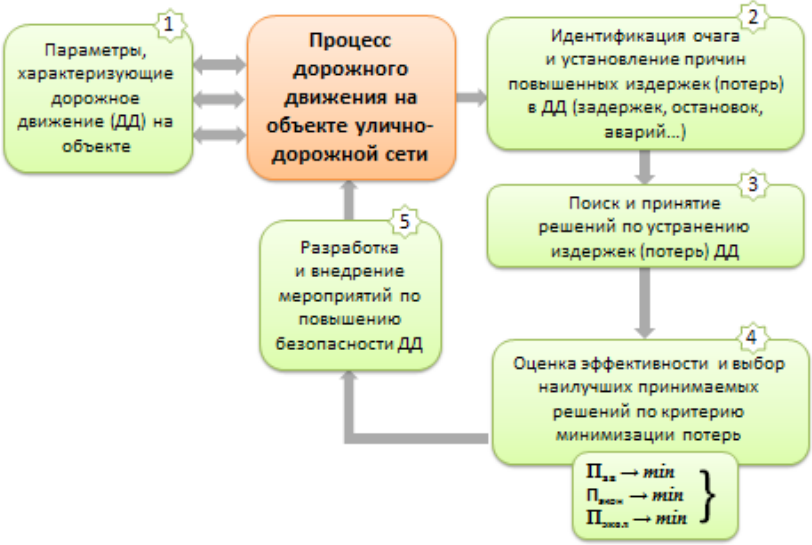


Рис.1 – Этапы оценки решений

Улица Якуба Коласа является важной радиальной магистральной улицей города и выполняет функцию дублера проспекта Независимости. Она обеспечивает транспортную связь между «Первым городским кольцом» и «Вторым городским

кольцом», а также связывает вышеуказанные объекты с Логойским трактом, который пересекает Минскую кольцевую автодорогу и далее переходит в автодорогу М3 в направлении Логойска, Витебска. Работы проводились по следующему алгоритму (см. рис. 2).

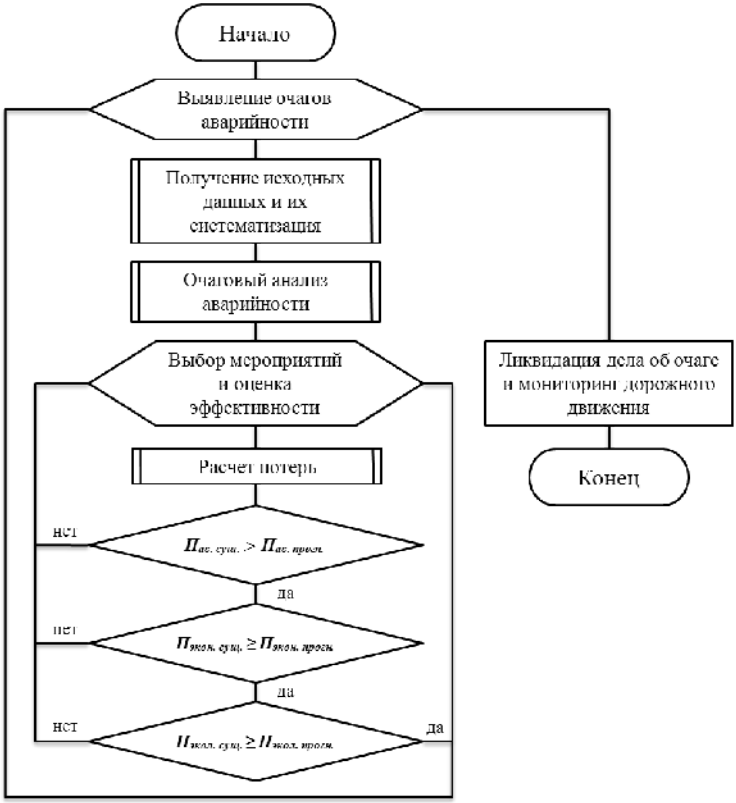


Рис.2 Алгоритм проведения исследований по выбору решений

В зоне приближения к пешеходному переходу (вход А и С) имеется по две полосы движения в каждом направлении, отделенные друг от друга трамвайным полотном (рис. 3).

Основные пешеходные потоки формируются учебными корпусами БНТУ, остановочными пунктами трамвая, близлежащими районами селитебной застройки,

административными и социально-бытовыми объектами. При этом пешеходные потоки при пересечении проезжей части ул. Я. Коласа в основном локализуются на нерегулируемом пешеходном переходе.

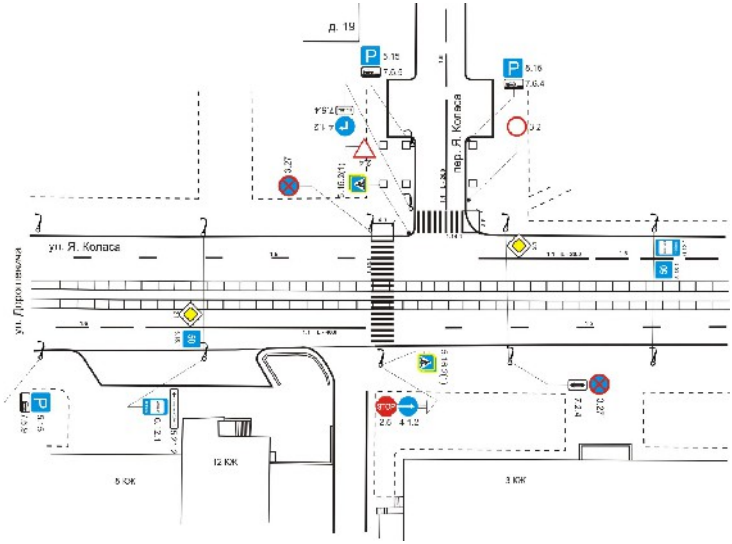


Рис. 3 – План исследуемого перекрестка ул. Я. Коласа – пер. Я. Коласа

Существующую угрозу для пешеходов представляют припаркованные автомобили на гостевой стоянке возле учебного корпуса №8 БНТУ (в сторону пешеходного перехода). Припаркованные автомобили ухудшают треугольник боковой видимости и снижают его прозрачность. Более того, выезд припаркованного автомобиля со стоянки производится под углом, близким к прямому, что «выключает», практически, всю первую полосу для движения транзитных автомобилей и вынуждает их на высоких скоростях перестраиваться из первой полосы во вторую, что отвлекает внимание водителей от пешеходного перехода. В момент отвлечения внимания от пешеходного перехода возможен выход пешехода на проезжую часть, что, тем самым, повышает вероятность принятия водителем несвоевременных мер к предотвращению происшествия.

Интенсивность и состав транспортных потоков определялись путем натурного эксперимента по методике Белорусского национального технического университета в рабочие дни недели. Измерения разделялись на отдельные независимые замеры по входам и по направлениям. Установлено, что около 3% автомобилей движутся по трамвайным путям, зачастую используя их для поворота налево.

Определялись экспериментальным путем треугольники боковой видимости (рис. 4). Также оценивалась прозрачность фактического треугольника боковой обзорности.

Треугольник боковой видимости в конфликте транспорт-пешеход на входе С соответствует нормативному, а на входе А треугольник боковой видимости не соответствует нормативному из-за автомобилей, припаркованных на стоянке. Фактический треугольник боковой видимости ограничен автомобилями, припаркованными на обозначенной стоянке, и его размеры составляют 40 м х 5 м. Прозрачность фактического треугольника видимости хорошая, если на проезжей части пер. Я. Коласа отсутствуют припаркованные автомобили, в этом случае треугольник боковой видимости уменьшается.

Исследование мгновенной скорости движения транспортных потоков в зоне приближения к пешеходному переходу проводились по методике БНТУ. Необходимо отметить, что исследовалась скорость движения транспортных средств в свободном режиме (т.е. при отсутствии препятствий для движения транзитного транспорта).

Определялись параметры распределения скоростей движения, такие как математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации. По результатам расчетов построены кривые распределения скоростей. При построении экспериментальной кривой использованы верхние пределы значений скорости каждой группы.

По данным, предоставленным УГАИ ГУВД Мингорисполкома, был выполнен анализ аварийности по отчетным авариям, совершенным на данном пешеходном переходе. По карточкам происшествий с материальным ущербом, которые были предоставлены ОГАИ Советского РУВД, был выполнен анализ аварийности по неотчетным авариям. Результаты очагового

анализа представлены на рис. 5. Из очагового анализа очень четко вырисовывается однотипность совершенных аварий с пострадавшими – это наезд на пешехода. Очевидно, что с 2008 года увеличилось тяжесть последствий ДТП, о чём свидетельствуют шесть происшествий с ранеными.

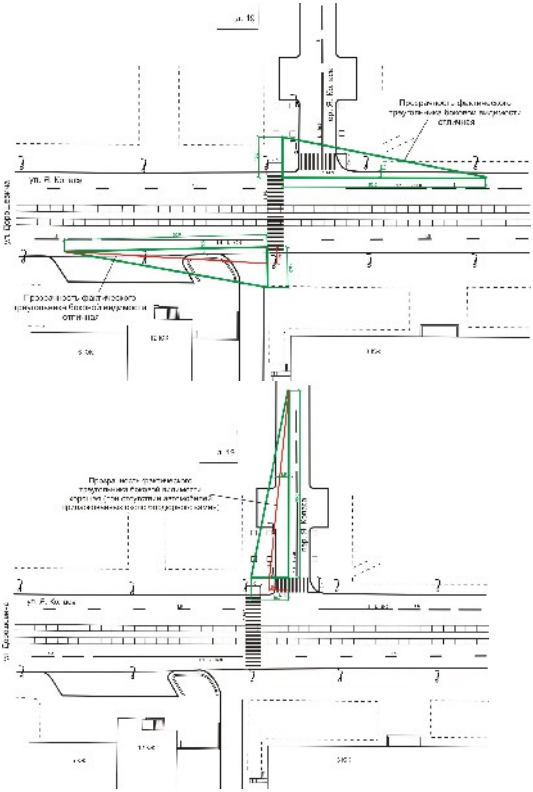


Рис.4 – Треугольники боковой видимости в конфликте Т-П

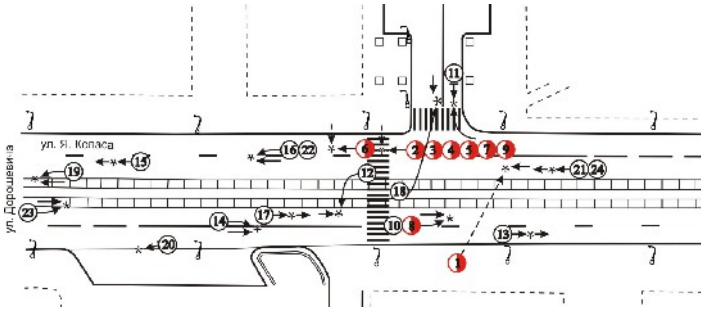


Рис. 5 – Очаговый анализ аварийности на исследуемом перекрестке

На многополосной улице в зоне приближения к пешеходному переходу добавляется дополнительная опасность наезда на пешехода на второй полосе. Как показывают экспериментальные исследования, водитель автомобиля, видя движущегося по пешеходному переходу пешехода, начинает снижать скорость, справедливо полагая, что при такой скорости автомобиля пешеход успеет покинуть полосу движения. Но выйдя из полосы движения этого автомобиля, пешеход становится жертвой другого автомобиля, который не видел пешехода и двигался, не снижая скорость, полагая, что рядом движущийся автомобиль снизил скорость в виду «пробок», выполнения поворота и т.п. Главными причинами повышенной аварийности на нерегулируемых пешеходных переходах являются: недостаточная видимость, особенно боковая, недостаточная освещенность в темное время суток, неудачное расположение пешеходного перехода на местности, недостаточное его обустройство средствами организации дорожного движения, неправильный выбор типа регулирования, нечеткость приоритета и др.

На рис. 7 показаны результаты расчета потерь в дорожном движении при реализации различных мероприятий, а также оценка существующих на перекрестке издержек. В качестве альтернативного рассматривалась и установка искусственной неровности на пешеходном переходе.

Можно сделать вывод, что наиболее целесообразным вариантом является введение светофорного регулирования. Несмотря на некоторый рост экономических потерь, уровень

безопасности на данном объекте повысится, и аварийные потери снизятся более чем на 50%.

В результате проведенных исследований и анализа существующих условий дорожного движения на нерегулируемом перекрестке ул. Я. Коласа – пер. Я. Коласа выявлено, что уровень суммарных потерь в дорожном движении на участке составляет около 92,0 тыс. у.е./год, в том числе потери от аварийности – 7,9 тыс. у.е./ год.

На перекрестке рекомендуется введение светофорного регулирования, которое повышает безопасность пешеходов при осуществлении перехода проезжей части и обеспечивает возможность координированного движения по улице Я. Коласа. Реализация разработанных мероприятий позволит снизить уровень аварийных потерь на пешеходном переходе ориентировочно на 4,4 тыс. у.е./год с уменьшением числа аварий на 50-55%.

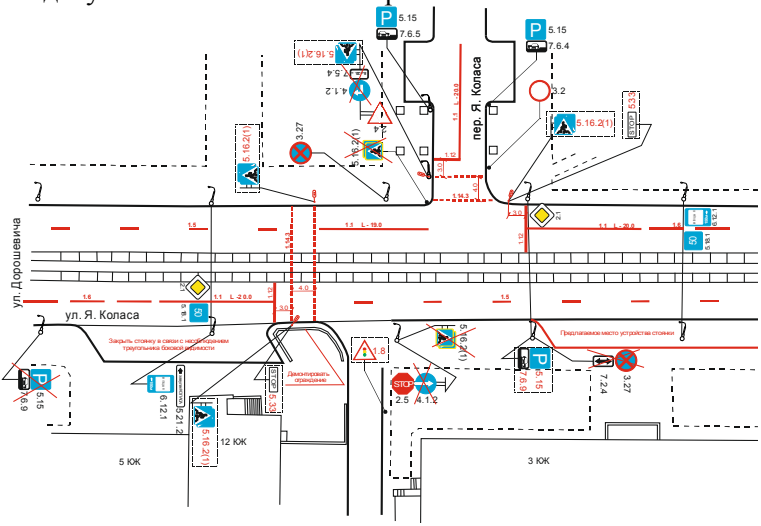


Рис. 6 – Предлагаемый вариант ОДД

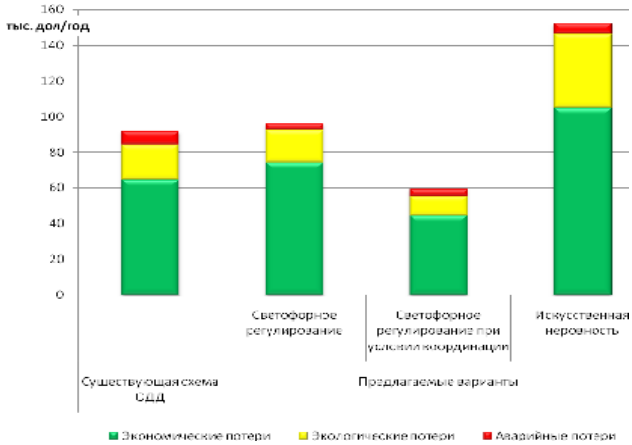


Рис.7 – Потери в дорожном движении по вариантам ОДД

Строительство светофорного объекта позволит повысить безопасность движения на данном участке ул. Я.Коласа практически без увеличения потерь в дорожном движении, а в случае введения объекта в координацию и ее правильного функционирования потери снижаются более чем в два раза.

Окончательно поступила 17 февраля 2012г