

СРАВНЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ НА РЕГУЛИРУЕМОМ ПЕРЕКРЕСТКЕ

А.Г. Левашев, А.Ю. Михайлов
(Иркутский государственный технический университет)
E-mail: alexey.levashev@mail.ru
road@istu.irk.ru

Регулируемый перекресток является очень важной составляющей в организации дорожного движения. Его особенностью является вынужденная остановка транспортных средств на подходе к перекрестку посредством запрещающего сигнала. С другой стороны – на регулируемом перекрестке происходит распределение транспортных потоков (по полосам движения и по направлениям движения) и цикла регулирования (по фазам регулирования). Целью этих распределений являются снижение конфликтных («критических») точек на перекрестке и уменьшение величины значения средней задержки транспортных средств на регулируемом перекрестке. При этом рациональное распределение цикла регулирования между фазами регулирования при недостаточном финансировании строительных работ, требуемых для изменения геометрической структуры перекрестка, является очень важным.

Режим регулирования состоит из определенного числа фаз регулирования и зависит от следующих факторов:

- число полос движения и их пропускная способность;
- возможные направления движения на подходе к перекрестку;
- и интенсивность прибытия транспортного потока к регулируемому перекрестку.

Цикл регулирования ограничен, и не должен превышать 120 секунд. При этом желательная длительность запрещающего сигнала должна находиться в пределах 40 секунд. Это связано с максимальным временем терпеливого ожидания пешеходов на переходе через перекресток.

Это подчеркивает необходимость правильного выбора фаз регулирования и точного распределения времени между фазами. Это распределение зависит от параметров транспортного потока как на регулируемом перекрестке в целом, так на отдельном рассматриваемом перекрестке в отдельности.

Таким образом, для оптимизации режима регулирования и повышения качества обслуживания движения на регулируемом перекрестке необходимо исследовать параметры транспортного потока, от которых зависит корректное распределение времени режима регулирования.

Основными параметрами транспортного потока на регулируемом перекрестке являются: величина потока насыщения; потерянного времени в начале и конце зеленого сигнала; реакции водителей и динамических характеристик транспортных средств.

В целом все эти параметры хорошо изучены в мировой практике и не являются препятствием при проектировании регулируемого перекрестка.

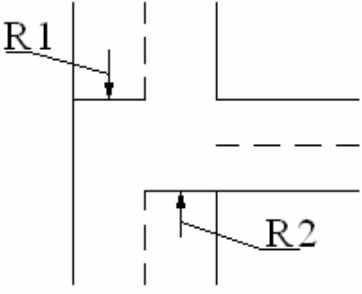
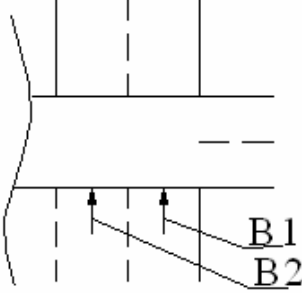
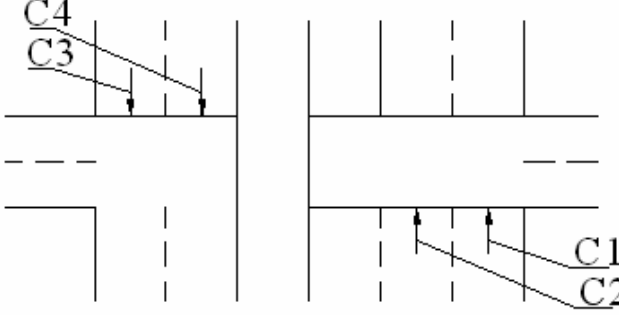
Однако, при постоянном росте уровня автомобилизации и улучшении динамических характеристик транспортных средств необходимо обновление данных о временных интервалах между транспортными средствами на регулируемом перекрестке для различных условий движения (различное время суток, день недели и т.д., геометрическая структура подходов к перекрестку, доля грузопотока). Уточнение моделей распре-

деления временных интервалов и их приближение к реальным условиям также является очень важным.

При определении таких зависимостей необходимо правильно выбрать методику измерения временных интервалов исследуемого транспортного потока [1, 2, 4]. Также необходимо правильно выбрать сечение в автомобиле, которое будет определять прохождение транспортным средством стоп-линии. Выбор данного сечения может чередоваться в зависимости от поставленной задачи исследования. Еще одной важной деталью является корректной выбор начального момента отсчета времени, который, как правило, связан с включением зеленого сигнала. В России такой подход к выбору начальных параметров особенно важен, поскольку в некоторых случаях водители в отсутствие маркировки дороги начинают движение задолго до включения зеленого сигнала. Величина этого интервала иногда достигает 4 секунд. В этом случае рациональнее использовать за начальный момент - момент включения желтого сигнала [2].

Таблица 1.

Схематическое представление обследуемых регулируемых перекрестков

Место измерения	Год	Схема
Россия (Иркутск)	<u>2002</u>	
Германия (Bochum – Universitätstr. – Brenscheder Str.)	<u>1980</u>	
Германия (Bochum – Universitätstr. – Brenscheder Str.)	<u>2003</u>	

Также важной составляющей является информация о распределениях временных интервалов при расчете длины цикла регулирования, имеющего короткие фазы регулирования (5-8 автомобилей).

Целью данной работы является краткий сравнительный анализ временных интервалов между транспортными средствами при разезде на регулируемом перекрестке. Данные, используемые для анализа были собраны на нескольких регулируемых перекрестках города Бохума (Германия) и города Иркутска (Россия) для различных условий движения.

Для исследования было исследовано восемь полос движения прямого направления, которые схематично представлены в табл. 1.

Измерения проводились с помощью видеокамеры. В дальнейшем результаты измерений обрабатывались с помощью компьютера и программного пакета «Statistica 6».

Полученные результаты расчетов временных интервалов разъезжающегося транспортного потока в зависимости от позиция транспортного средства в очереди представлены на рис. 1.

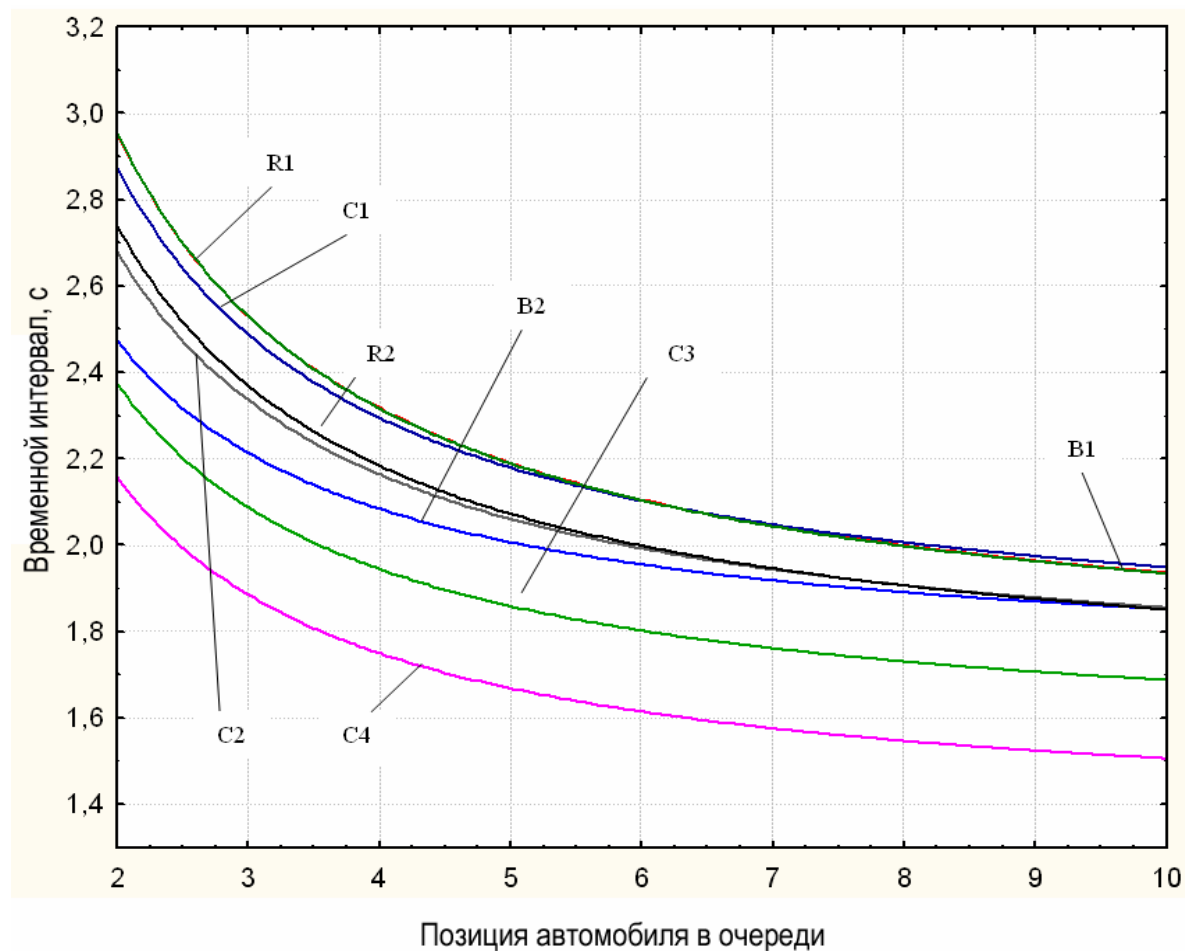


Рис. 1. Полученные значения временных интервалов

Анализируя эти зависимости, можно сделать следующие выводы:

1. Временные интервалы разъезжающейся очереди транспортных средств изменяется значительно в зависимости от состава транспортного потока и условий движения. Рисунок 1. показывает, что разница между средними значениями временных интервалов для различных полос движения может достигать 0,5 – 0,6 секунд.

2. Средние значения временных интервалов колонны, состоящей только из легковых автомобилей также изменяются. Это изменение зависит от различных факторов: доля грузопотока, вид полосы движения (правая, левая), и уровень загрузки полосы движения, который определяется как отношение фактической и максимально возможной интенсивностей движений для данной полосы движения (рис. 2).

Для удобства проведения анализа данные по каждой полосе движения представлены в табл. 2. При этом уровень загрузки был представлен более упрощенным образом: сильный и слабый.

Таблица 2.

Параметры исследуемых полос движения				
Место измерения	Обозначение полосы	Положение полосы	Насыщение*	Доля грузовых автомобилей*, %
Россия (Irkutsk)	R1	правая	сильное	11
	R2	левая	сильное	11
Германия (Bochum – Universitätstr.– Brenscheder Str.) 1980	B1	правая	слабое	3,5
	B2	левая	слабое	6,6
Германия (Bochum – Universitätstr.– Brenscheder Str.) 2003	C1	правая	слабое	5,6
	C2	левая	слабое	3,2
	C3	правая	сильное	3,6
	C4	левая	сильное	0,4

* Для смешанного транспортного потока

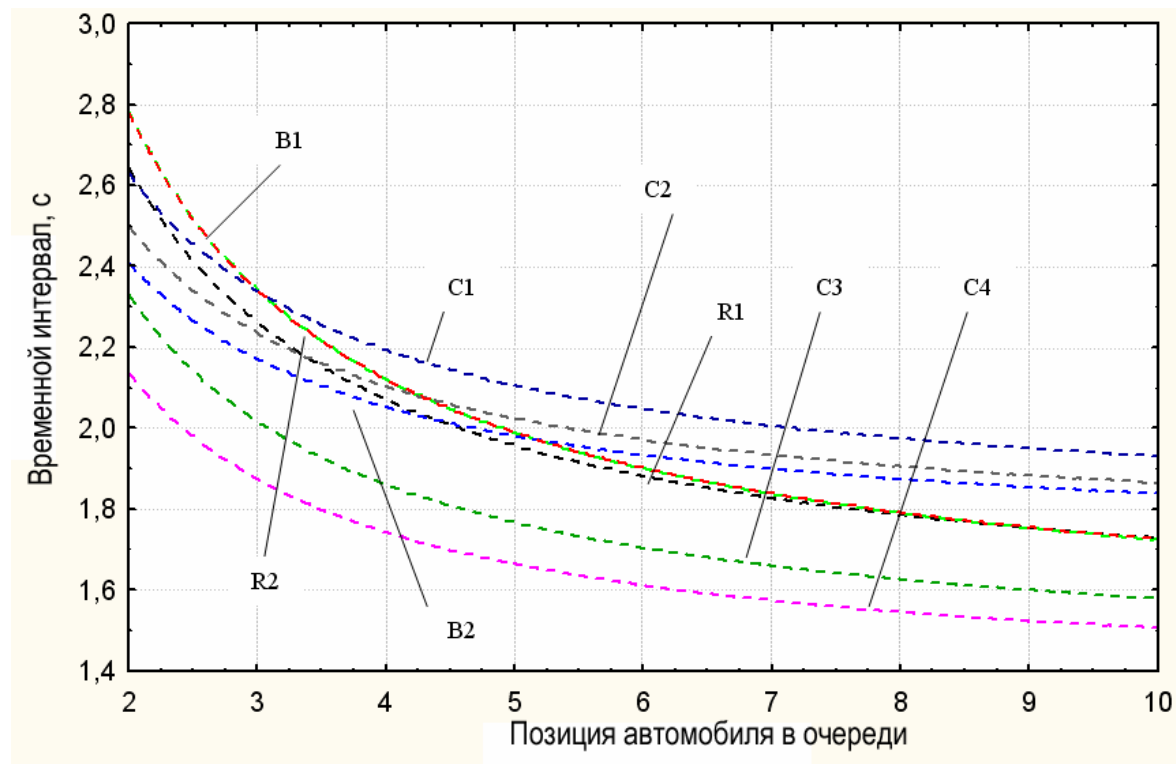


Рис. 2. Средние значения временных интервалов колонны, состоящей только из легковых автомобилей

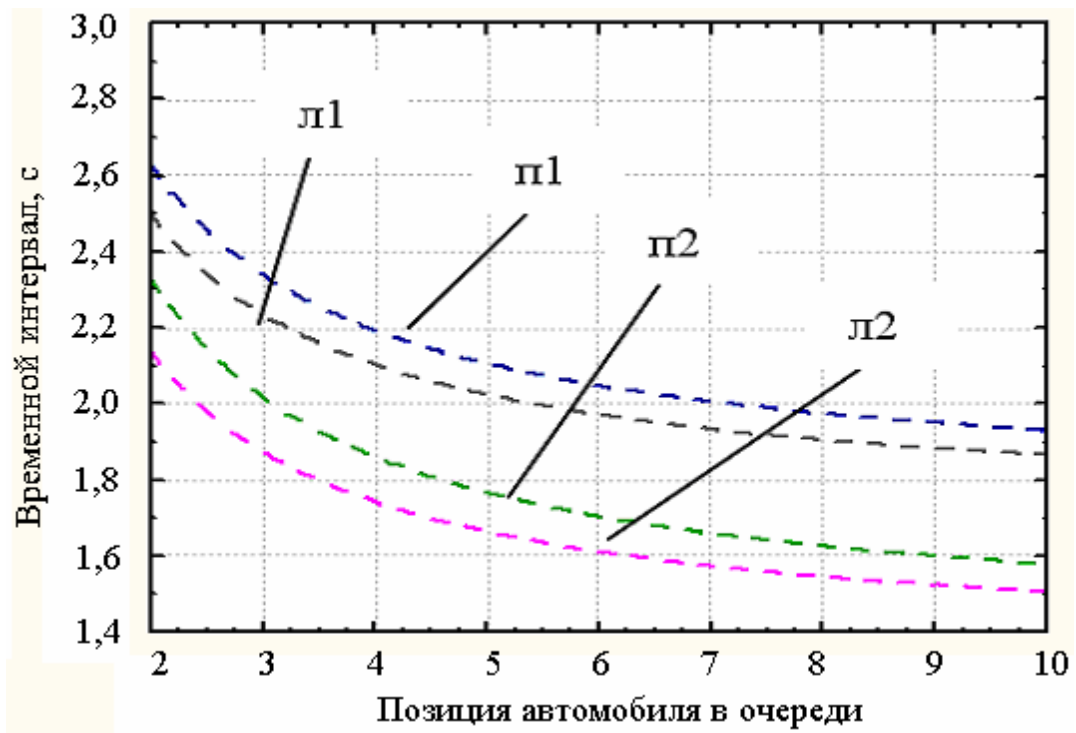


Рис. 3. Сравнение средних значений временных интервалов колон, состоящих только из легковых автомобилей

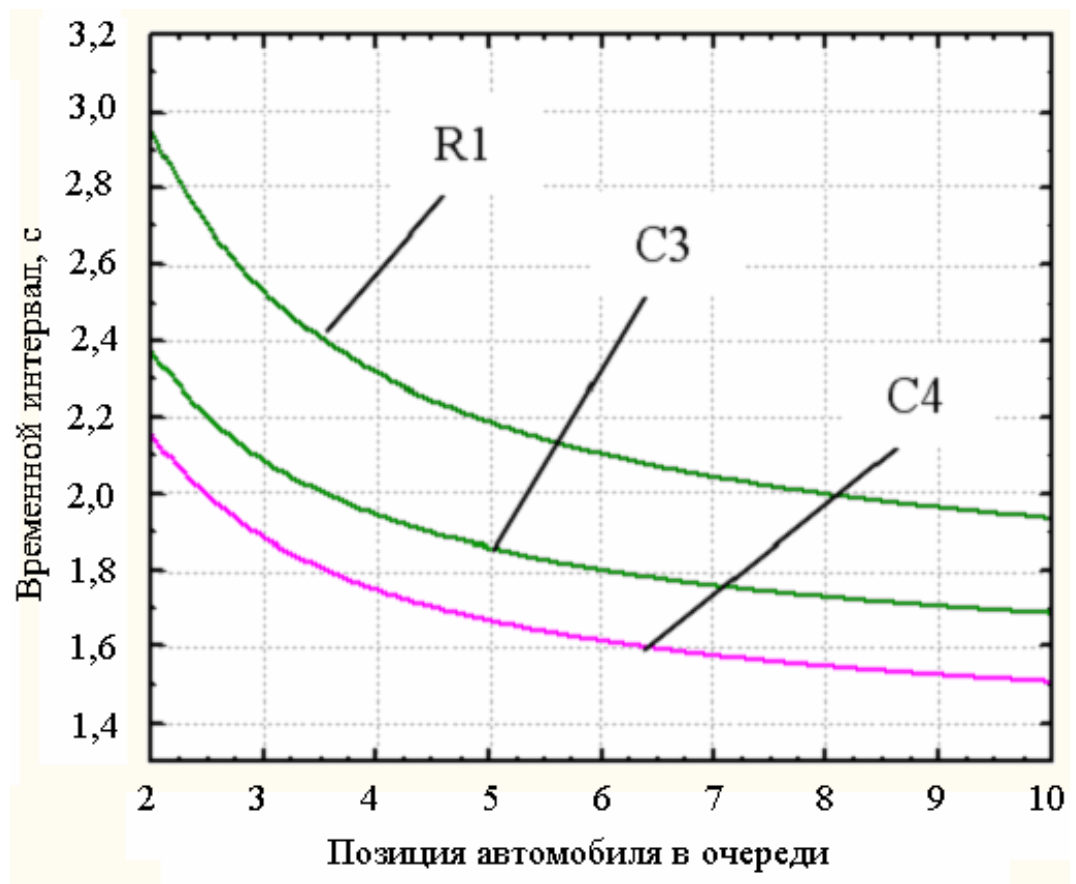


Рис. 4. Временные интервалы при различном уровне загрузки полосы

Разница между временными интервалами для левых и правых полос движения была подтверждена [1]. Это может объясняться более напряженным напряжением водителей, находящихся в левой полосе движения. Водитель чувствует помеху справа и пытается быстрее ее преодолеть. В первую очередь это можно отнести к автомобилям с правым рулем.

При этом интересным является распределение временных интервалов, замеренных на регулируемом перекрестке Universitaetstrasse и der Brenscheder Strasse (2003) (рис. 3). На этом перекрестке удалось произвести измерение для всех полос прямого направления противоположных подходов к перекрестку (“л” и “п” – соответственно левая и правая полосы движения в прямом направлении). Рис. 3 показывает, что средние значения временных интервалов изменяются в зависимости от уровня загрузки на подходе к перекрестку. Но разница между временными интервалами полос одного подхода остается примерно постоянной и составляет около 0,1 с.

3. Величина временного интервала зависит от изменения уровня загрузки и полосы движения (рис. 3). Среднее значение временных интервалов уменьшается при росте уровня загрузки. Это можно объяснить также более напряженным состоянием водителей. Это напряжение вызвано стремлением водителя скорее преодолеть перекресток и по возможности за период горения разрешающего сигнала.

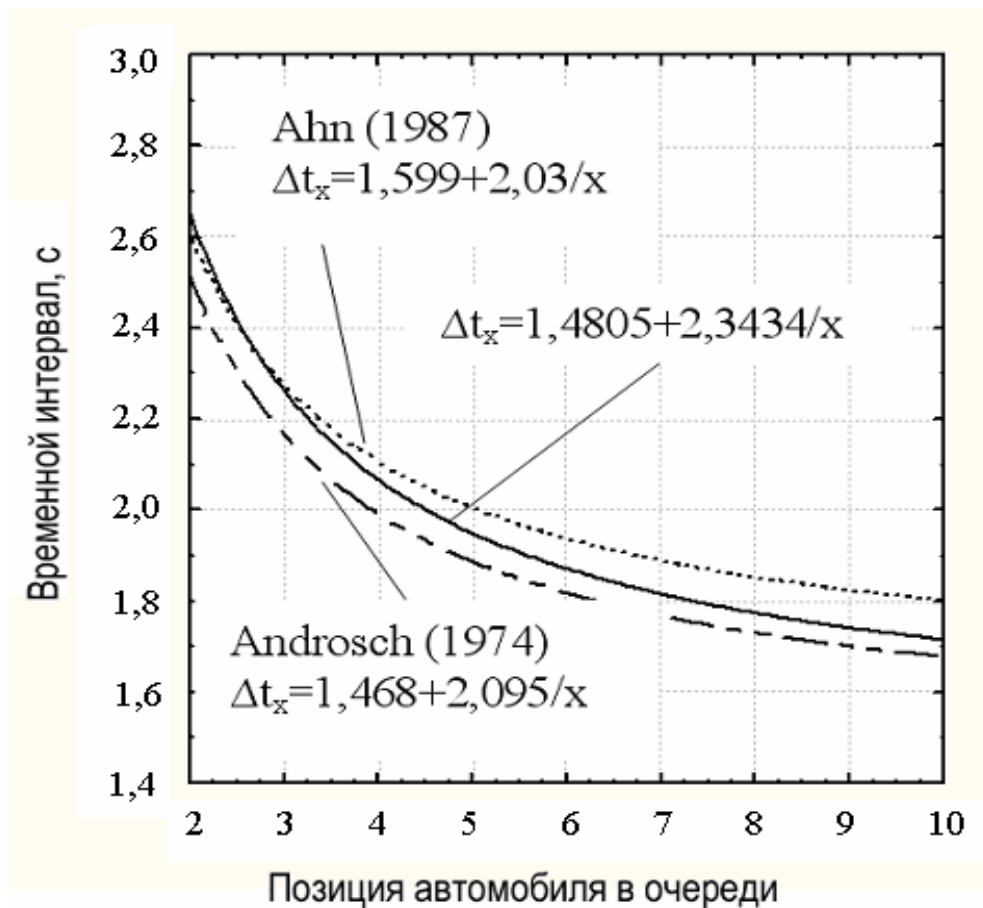


Рис. 5. Полученные временные интервалы в сравнении со значениями Андроша и Ана

4. Доля грузопотока также влияет на значения временных интервалов (рис. 4). Рассматриваемые потоки имеют различные уровни доли грузовых транспортных средств (С4 - 0,4%, С3 - 6,6%, и R1 - 11%). Средняя величина временного интервала возрастает

при повышении доли грузопотока. Грузовой автомобиль требует больше времени для проезда перекрестка, что объясняется большей длиной и динамическими характеристиками.

На рис. 5 представлено распределение средних значений временных интервалов, полученное по результатам данного обследования. Для сравнения представлены функции распределений временных интервалов по Андрошу [2] и Ану [1]. Видно, что полученные значения лежат примерно на 0,05 с выше чем значения Андроша и примерно на 0,07 с ниже значений Ана.

Полученное распределение имеет следующую зависимость:

$$\Delta t_x = 1,4805 + 2,3434/x \quad \text{для } x \geq 2,$$

где $|r| = 0,855$.

Данные результатов исследования показали, что распределение временных интервалов зависит от условий движения транспортных средств на регулируемом перекрестке (полоса движения, уровень загрузки, ширина полосы движения), и состава транспортного потока.

Правильный учет основных параметров транспортного потока, движущегося на регулируемом перекрестке, требует периодических измерений, направленных на обновление этих параметров. При этом необходимо правильно выбирать методику измерения исследуемых параметров [1, 2, 4].

Следует также отметить, что на основе подобных зависимостей временных интервалов между транспортными средствами от их порядкового номера в очереди, полученных для различных состояний транспортного потока, необходимо разрабатывать систему поправочных коэффициентов приведения величины идеального потока насыщения.

Под идеальным потоком насыщения понимается поток насыщения, достигающийся при идеальных условиях движения.

В свою очередь под потоком насыщения понимается средняя установившаяся интенсивность разезда очереди транспортных средств на регулируемом пересечении (достигается после 4 – 6-го автомобилей в очереди) при условиях, что автомобили не испытывают потеряннго времени, а также зеленое время является бесконечным.

Например, в американском руководстве по пропускной способности дорог (НСМ 2000) для определения действительного потока насыщения используется следующая формула [3]:

$$S = S_0 \cdot f_w \cdot f_g \cdot f_{HV} \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_{LU} \cdot f_a \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb}, \quad (1)$$

где S_0 – интенсивность идеального потока насыщения, принятая равной 1900 прив.ед./ч; N - количество полос движения; f_w - коэффициент, учитывающий ширину полосы движения; f_g - коэффициент, учитывающий продольные уклоны; f_{HV} - коэффициент, учитывающий наличие грузовых автомобилей; f_p - коэффициент, учитывающий паркирование; f_{bb} - коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые автобусами; f_a - коэффициент, учитывающий тип территории; f_{RT}, f_{LT} - коэффициент, учитывающий повороты направо и налево; f_{Rpb}, f_{Lpb} - влияние велосипедистов и пешеходов соответственно на право- и левоповоротное движение; f_{LU} – равномерность использования полос движения.

В целом определение величины идеального потока насыщения сводится к измерению потока насыщения при идеальных условиях, которые имеют место, когда:

- очередь транспортных средств состоит только из легковых автомобилей;
- уклон на подходе к перекрестку равен 0%;

Число обследований - 284

$$h_{\text{легк}} = 2,42 - 0,0223 * N - 0,0253 * N^2 + 0,0043 * N^3 - 0,0003 * N^4 + 1,0155E-5 * N^5 \quad (\text{полином})$$

$$h_{\text{легк}} = 1,8595 + 0,6125 / N \quad (\text{обратная зависимость})$$

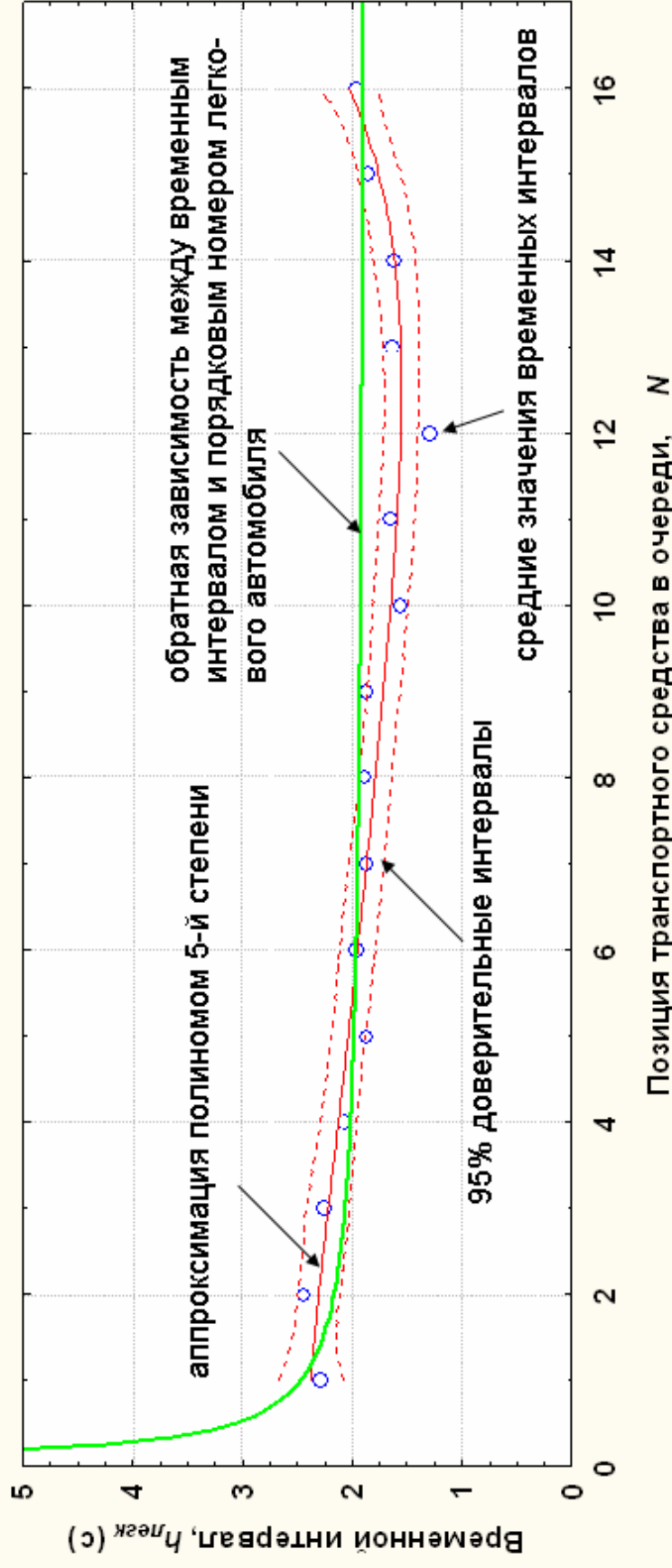


Рис. 6. Распределение временного интервала для очередей легковых автомобилей по данным всех отобранных полос движения (средние значения; аппроксимация полиномом 5-й степени; обратная зависимость)

- ширина полосы движения 3,6 м;
- сухое дорожное покрытие;
- отсутствие помех, создаваемых паркующимися автомобилями и остановками общественного транспорта [3].

В своей диссертационной работе А.Г. Левашев уделил внимание определению величины идеального потока насыщения. В г. Иркутске был проведен ряд обследований, направленный на выявление выравнивания зависимости временного интервала от порядкового номера легкового автомобиля в очереди (рис. 6).

По результатам обработки статистических данных автором было установлено, что идеальный поток насыщения достигается с момента прохождения стоп-линии 5-ым легковым автомобилем в очереди (рис. 6).

Отбросив значения временных интервалов, начиная с 1-го по 4-й порядковый номер, получим среднее значение идеального временного интервала насыщения:

$$h_{идеал} = \frac{\sum_{i=1}^k h_{i;5}}{k} = 1,8904, \quad (2)$$

где $h_{идеал}$ – временной интервал, отражающий идеальный поток насыщения, с.

Также интересным моментом является то, что с 10-ого по 14-й легковой автомобиль величина временного интервала все же снизилась ниже уровня временного интервала насыщения:

$$\bar{h}_{насыщ} = 1,8904 \approx \frac{\sum_{i=10}^{14} h_i}{5} = 1,56.$$

То, что с 10-го транспортного средства временной интервал начинает уменьшаться, может иметь значение при проектировании перекрестка, имеющего фазы, в течение которых смогут проехать лишь 10 – 14 автомобилей. Возможно, здесь следует провести дополнительное исследование, направленное на определение специального поправочного коэффициента, способного учесть такое изменение временного интервала.

Следующим этапом в области совершенствования организации дорожного движения на регулируемых пересечениях должен быть ряд исследований, направленных на определение (уточнение) коэффициентов приведения величины идеального потока насыщения, с целью создания развитой системы, позволяющей достаточно точно оценивать эффективность работоспособности регулируемых пересечений в нашей стране с учетом настоящего мирового уровня развития в данной области науки.

Библиографический список

1. Ahn, M. Veränderung der Leistungsfähigkeit städtischer Hauptverkehrsachsen über die Tageszeit // Schriftenreihe, Lehrstuhl für Verkehrswesen Ruhr-Universität Bochum, Heft 4, 1987
2. Androsch, W. Zur Problematik der Übergangszeit bei Startvorgängen an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlagen // Dissertation, TH Darmsadt, 1974
3. Highway Capacity Manual. // TRB, Washington, DC, 2000. – 1134 p.
4. McSchane, W. and Roess R. Traffic engineering // Polytechnic University, 1990