



university

Тюменский  
индустриальный  
университет

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

[www.tyuiu.ru](http://www.tyuiu.ru)

# ТРАНСПОРТНЫЙ ПОТОК

На пропускную способность влияет большое количество факторов, зависящих от технических параметров автомобильной дороги и автомобилей. Поэтому для получения надежных данных о пропускной способности должны быть учтены показатели, характеризующие взаимодействие между автомобилями в потоке в различных дорожных условиях.

*Транспортный поток* - это совокупность транспортных средств, движущихся по проезжей части дороги. В зависимости от числа полос и разрешенных направлений движения транспортный поток подразделяют на следующие виды:

- однополосный односторонний;
- двухполосный односторонний или двусторонний;
- трехполосный односторонний или двусторонний;
- четырехполосный (и более) односторонний или двусторонний.

В зависимости от вида транспортного потока будут различаться возможности для маневрирования, условия движения транспортных средств и т. п.

# ПОКАЗАТЕЛИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Показатели дорожного движения делятся на:

- **первичные** (определяющие потребности в перевозках пассажиров и грузов, а также в пешеходных сообщениях):

1.интенсивность движения транспортных средств и пешеходов (N);

2.Состав транспортного потока;

- **производные (вторичные)** (определяются первичными параметрами и совокупностью условий дорожного движения):

3.Скорость движения (v);

4.Пропускная способность;

5.Транспортные задержки;

6.Плотность потока (q)

# ИНТЕНСИВНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

*Интенсивность движения  $N_a$*  определяется числом транспортных средств (автомобилей), движущихся в определенном направлении или направлениях по данной полосе или дороге и проходящих через пункт наблюдения за фиксированный промежуток времени. Определение интенсивности движения составляет основу оценки состояния транспортного потока.

Интенсивность движения является главным показателем при определении уровня загруженности различных дорог.

При изучении интенсивности движения определяют такой параметр, как неравномерность транспортного потока - его распределение по времени и направлениям.

Интенсивность движения меняется по времени суток, дням недели и месяцам года.

При расчетах обычно пользуются данными об интенсивности движения в часы пик и среднесуточной интенсивности движения за год. При определении эффективности дорожной сети различают два аспекта, один из которых связан с учетом основных характеристик отдельных дорог, а другой - с оценкой эффективности дорожной сети в целом.

Интенсивность движения - это непрерывно изменяющаяся величина, даже при очень низкой часовой интенсивности движения могут наблюдаться кратковременные интервалы, за которые через данный пункт будет проходить сравнительно много транспортных средств.

На дорогах с более высоким уровнем интенсивности движения меньше неравномерность движения и стабильнее интенсивность в пиковые периоды.

Для двухполосных дорог с движением в обоих направлениях общая интенсивность обычно характеризуется суммарным значением встречных потоков, так как условия движения и, в частности, возможность обгонов определяются загрузкой обеих полос.

Если же дорога имеет разделительную полосу и встречные потоки изолированы друг от друга, суммарная интенсивность встречных направлений не определяет условия движения, а характеризует лишь суммарную работу дороги как сооружения. Для таких дорог имеет значение интенсивность движения в каждом направлении.

**интенсивность движения** - количество транспорта проходящее через данное сечение за единицу времени.

$$N=q*v$$

Час пик – часть суток с увеличением интенсивности в 1,5-2 раза

При решении различных вопросов регулирования дорожного движения, особенно в городских условиях, большое значение имеет не только суммарная интенсивность потока по данному направлению, но и интенсивность движения, приходящаяся на одну полосу, - так называемая *удельная интенсивность движения  $M_a$* .

Если известно конкретное распределение интенсивности движения по полосам и оно существенно неравномерно, в качестве расчетной интенсивности  $M_a$  можно принять интенсивность движения по наиболее загруженной полосе.

# ТРАНСПОРТНЫЕ ЗАДЕРЖКИ

Во многих городах дорожная сеть не соответствует возросшей интенсивности движения. На перекрестках возникают заторы, жизнь пешеходов подвергается опасности, оставленные у тротуаров автомобили сильно затрудняют движение транспортных средств.

В оценку уровня загруженности дорог входят следующие взаимосвязанные факторы: скорость движения и время, затрачиваемое на поездку; непрерывность движения; свобода маневрирования; безопасность и удобство управления транспортным средством. Интенсивность движения влияет на все эти факторы, причем с увеличением интенсивности ее отрицательное влияние усиливается. Когда фактическая интенсивность движения по дороге приближается к максимально возможной, увеличивается опасность заторов.

**Затор** - это качественное понятие, которое связано с количественной характеристикой, называемой *плотностью транспортного потока*  $q_a$ .

**Транспортные задержки**- вынужденные остановки транспортных средств (перекрестки, ж/д переезды, заторы на перегонах) а также снижение скорости транспортного потока по сравнению с расчетной (или разрешенной)

# ПЛОТНОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

**Плотность потока** – степень стесненности движения (кол-во транспортных средств на 1 км протяженности полосы дороги).

*Плотность транспортного потока* является пространственной характеристикой, определяющей степень стесненности движения на полосе дороги. Ее измеряют числом транспортных средств, приходящихся на 1 км протяженности дороги.

Предельная плотность транспортного потока достигается при неподвижном состоянии колонны транспортных средств, расположенных вплотную друг к другу на полосе.

**Предельное значение плотности транспортного потока  $q_{\max}$**  составляет 170 - 200 авт./км в зависимости от состава транспортного потока.

При разных значениях плотности движения могут складываться разные уровни эксплуатационных условий по степени стесненности. В зависимости от плотности транспортного потока **движение по степени стесненности подразделяют** на *свободное, частично связанное, насыщенное и колонное*.

Численные значения  $q_a$  в физических единицах (автомобилях), соответствующих этим состояниям транспортного потока, весьма существенно зависят от параметров дороги, в первую очередь от ее плана и профиля, коэффициента сцепления, а также состава транспортного потока по типам транспортных средств, что, в свою очередь, влияет на выбираемую водителями скорость движения.

# СОСТАВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

**Состав транспортного потока** характеризуется соотношением в нем транспортных средств различного рода. Состав потока влияет на загрузку дорог.

## **Статический и динамический габарит:**

$$S_{\text{дин}} = S_a + S_b + S_T + S_p, \text{ м}$$

$S_a$  – длина автомобиля, м

$S_b$  – зазор безопасности, м

$S_T$  – тормозной путь, м

$S_p$  – путь который проходит автомобиль за время реакции водителя, м

# СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

**Скорость движения  $u_a$**  является важнейшим показателем транспортного потока, так как цель всех мероприятий по организации дорожного движения - обеспечение скорости транспортного потока, наиболее приближенной к максимально возможной из условий безопасности дорожного движения.

В практике организации дорожного движения **в зависимости от методов измерения и расчета рассматривают:**

**мгновенную скорость движения** - скорость, фиксируемую в отдельных типичных сечениях (точках) дороги. Именно мгновенная скорость движения в значительной степени влияет на безопасность движения, поскольку определяет кинетическую энергию автомобиля, т. е. его тормозной путь и время, которое имеется у водителя для оценки опасной ситуации;

**максимальную скорость движения** - наибольшую мгновенную скорость движения, которую может развить транспортное средство. Для дорожного движения большое значение имеет максимальная скорость движения транспортного средства, которая ниже разрешенной. Такие транспортные средства становятся препятствием для нормального движения транспортного потока;

**крейсерскую скорость движения** - скорость, с которой водитель стремится ехать в данных условиях. Если транспортный поток движется более медленно или более быстро, водитель испытывает дискомфорт. В зависимости от типа личности водитель быстрее ощущает усталость, становится невнимательным или раздражительным;

**разрешенную скорость движения** - скорость, разрешенную на данном участке дороги нормативными документами или средствами регулирования дорожного движения;

**рекомендуемую скорость движения** - скорость, с которой рекомендуется двигаться водителю и которая обеспечивает безопасность дорожного движения в данных условиях;

**безопасную скорость движения** - скорость, при которой водитель в состоянии предпринять необходимые действия при возникновении опасной ситуации. Соблюдение безопасной скорости движения с большой вероятностью позволяет гарантировать безопасность поездки;

**экономичную скорость движения** - скорость, при которой затраты на движение (в основном расход топлива) минимальны;

**скорость сообщения** - скорость, которая является измерителем времени доставки пассажиров и грузов. Скорость сообщения определяется как отношение расстояния между точками сообщения ко времени нахождения транспортного средства в пути (времени сообщения). Этот же показатель применяется для характеристики скорости движения по отдельным участкам дорог.

# СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ДВУМЯ ФАКТОРАМИ ЗАВИСЯЩИМИ ОТ ВОДИТЕЛЯ

Скорость движения определяется двумя факторами зависящими от водителя:

1. минимальное пребывание в пути
2. чувство безопасности

**Факторы влияющие на скорость:**

1. Расстояние видимости больше длины тормозного пути
2. Ширина проезжей части

Легковой автомобиль

$V = 3\text{м} - V = 65\text{км/ч}$

$V = 3,5\text{м} - V = 90\text{км/ч}$

Грузовой автомобиль

$V = 3\text{м} - V = 15\text{км/ч}$

$V = 3,5\text{м} - V = 50\text{км/ч}$

# ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ

**Пропускная способность** – это максимальное число автомобилей которое может пройти по отрезку дороги в течении определенного отрезка времени при обеспечении заданной скорости и безопасности движения

Под **режимом движения** понимается изменение по длине и во времени характеристик транспортного потока, главная выходная характеристика пропускная способность

$$P=1000*v/S_{\text{дин}}$$

Уровень обслуживания характеризуется также уровнем загрузки дороги движением

$$Z=N/P_{\text{max}}$$

# ХАРАКТЕРИСТИКА УРОВНЕЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ

Уровень обслуживания движения	Коэф-т загрузки $z$	Коэф-т скорости движения $c$	Коэф-т насыщения движением $\rho$	Характеристика потока автомобилей	Состояние потока	Эмоциональная нагрузка водителя	Удобство работы водителя	Экономическая эффективность работы дороги
A	$< 0,20$	$> 0,90$	$< 0,10$	Автомобили движутся в свободных условиях, взаимодействие между автомобилями отсутствует	Свободное движение одиночных автомобилей с большой скоростью	Низкая	Удобно	Неэффективная
B	$0,20 - 0,45$	$0,70 - 0,90$	$0,10 - 0,30$	Автомобили движутся группами, совершается много обгонов	Движение автомобилей малыми группами (2 - 5 шт.). Обгоны возможны	Нормальная	Мало удобно	Мало эффективная
C	$0,45 - 0,70$	$0,55 - 0,70$	$0,30 - 0,70$	В потоке еще существуют большие интервалы между автомобилями, обгоны запрещены	Движение автомобилей большими группами (5 - 14 шт.). Обгоны затруднены	Высокая	Неудобно	Эффективная
D	$0,70 - 0,90$	$0,40 - 0,55$	$0,70 - 1,00$	Сплошной поток автомобилей, движущихся с малыми скоростями	Колонное движение автомобилей с малой скоростью. Обгоны невозможны	Очень высокая	Очень неудобно	Неэффективная
E	$0,90 - 1,00$	$< 0,40$	$1,00$	Поток движется с остановками, возникают заторы, режим пропускной способности	Плотное	Очень высокая	Очень неудобно	Неэффективная
F	$> 1,00$	$0,30$	$1,00$	Полная остановка движения, заторы	Сверх плотное	Крайне высокая	Крайне неудобно	Неэффективная

**Уровень обслуживания А** соответствует условиям, при которых отсутствует взаимодействие между автомобилями. Максимальная интенсивность движения не превышает 20 % от пропускной способности. Водители свободны в выборе скоростей. Скорость практически не снижается с ростом интенсивности движения. По мере увеличения загрузки число дорожно-транспортных происшествий (ДТП) несколько уменьшается, но практически все они имеют тяжелые последствия.

При **уровне обслуживания В** проявляется взаимодействие между автомобилями, возникают отдельные группы автомобилей, увеличивается число обгонов. При верхней границе обслуживания В число обгонов наибольшее. Максимальная скорость на горизонтальном участке составляет примерно 80 % от скорости в свободных условиях, максимальная интенсивность - 50 % от пропускной способности. Скорости движения быстро снижаются по мере роста интенсивности. Число ДТП увеличивается с ростом интенсивности движения.

При **уровне обслуживания С** происходит дальнейший рост интенсивности движения, что приводит к появлению колонн автомобилей. Максимальная интенсивность составляет 75 % от пропускной способности. Число обгонов сокращается по мере приближения интенсивности к предельной для данного уровня. Максимальная скорость на горизонтальном участке составляет 70 % от скорости в свободных условиях, отмечаются колебания интенсивности движения в течение часа. С ростом интенсивности движения скорости снижаются незначительно. Общее число ДТП увеличивается с ростом интенсивности движения.

При уровне обслуживания **D** скорость начинает уменьшаться с увеличением загрузки дороги движением, плотность движения резко возрастает. Свобода маневрирования автомобилей ограничена, водители ощущают снижение физического и психологического уровней комфорта. Даже при небольших ДТП возникают заторы, связанные с отсутствием возможности объезда мест совершения ДТП.

При уровне обслуживания **D** формируется колонное движение с небольшими разрывами между ними. Обгоны отсутствуют. Между проходами автомобилей в потоке преобладают интервалы меньше 2 с. Наибольшая скорость составляет 50 - 55 % от скорости движения в свободных условиях. Скорости движения с ростом интенсивности меняются незначительно. Число ДТП непрерывно увеличивается и начинает несколько снижаться при интенсивности движения, близкой к пропускной способности.

**При уровне обслуживания Е** автомобильная дорогах работает в режиме пропускной способности, автомобили движутся непрерывной колонной с частыми остановками; скорость в периоды их движения составляет 35 - 40 % от скорости в свободных условиях, а при заторах равна нулю. Интенсивность меняется от нуля при возникновении «пробок» и заторов до интенсивности, равной пропускной способности.

Число ДТП уменьшается по сравнению с другими уровнями загрузки, снижаются тяжесть и величина потерь от ДТП. Могут иметь место цепные ДТП с участием более пяти автомобилей.

**При уровне обслуживания F** наблюдается наличие участков слияния и переплетения транспортных потоков; интенсивность в «час пик» превышает пропускную способность дороги, возникают полная остановка движения транспортного потока и заторы. Наблюдаются большие очереди автомобилей перед участками заторов и полная остановка движения. Полная остановка потока автомобилей происходит, как правило, из-за возникновения ДТП, когда количество автомобилей, прибывающих к месту ДТП, значительно превышает количество автомобилей, способных проехать место ДТП. Следует отметить, что во всех указанных выше случаях остановки движения коэффициент загрузки превышает 1.

# ТРЕБУЕМАЯ ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ МОЖЕТ БЫТЬ ОБЕСПЕЧЕНА

Требуемая пропускная способность может быть обеспечена:

1. Физическим расширением дороги;
2. Лучшем управлением ими

Мероприятия позволяющие обеспечить требуемую пропускную способность:

- перестройка неудачных сочетаний плана и профиля;
- устранение при реконструкции минимальных значений технических параметров плана и профиля;
- уширение проезжей части для разделения транспортного потока по виду и составу;
- устройство пересечений с другими дорогами в соответствии с величинами интенсивности
  - повышение сцепных качеств покрытия и ровности;
  - Обустройство дороги (объекты сервиса)

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ

**Пешеходные потоки характеризуются:**

1. скоростью,
2. интенсивностью
3. плотностью пешеходного движения.

В зависимости от возраста скорость меняется:

- в 1,7 раза;

от пола:

- (мужчины быстрее);

от ширины проезжей части (пешеходный переход):

- в 1,4 раза

**Для свободного движения дистанция должна быть 2м**

**Ощутимые помехи при плотности 0,7-0,8 чел/м<sup>2</sup>,**

при 4 чел/м<sup>2</sup> стесненные

**Предельная плотность при которой поток может продолжать движение 4-5 чел/м<sup>2</sup> при этом скорость резко падает и составляет 0,3 м/с.**

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Между параметрами транспортного потока существуют определенные зависимости. Характер этих зависимостей достаточно сложный, на них влияет громадное количество факторов, связанных не только непосредственно с транспортным потоком, но и с условиями его движения по дороге, метеоусловиями, временем года и суток и т. п. При исследовании транспортных потоков влияющие на них факторы могут рассматриваться как детерминированные или как вероятностные величины. Вероятностный подход более близок природе транспортного потока, но сложен для математического описания. Детерминированный подход легче реализовать в инженерных методиках, и при тщательном анализе исходных данных он дает достаточно точные для практики результаты.

При исследовании транспортных потоков используют два подхода.

**Первый** предполагает исследование процессов, происходящих внутри потока, поэтому он получил название *микроскопическое моделирование*. Микроскопическое моделирование рассматривает транспортный поток как взаимное положение следующих друг за другом автомобилей и основано на *теории следования за лидером*. Предполагается, что основное влияние на изменение параметров движения конкретного автомобиля (ведомого) оказывает изменение скорости движения находящегося перед ним автомобиля-лидера.

Исследования показали, что влияние на изменение скорости ведомого автомобиля начинается, когда временной интервал между ним и ведомым автомобилем составляет в городских условиях - 6 сек, вне населенных пунктов - 9<sup>20</sup>

# ИЗМЕНЕНИЕ УСКОРЕНИЯ ВЕДОМОГО АВТОМОБИЛЯ

$$a_{(n+1)(t+\tau)} = \frac{K(v_{nt} - v_{(n+1)t})}{S_{n(n+1)t}}$$

Где:  $a_{(n+1)(t+\tau)}$  - ускорение ведомого автомобиля в момент времени  $(t+\tau)$ , м/с;

$n$  - порядковый номер автомобиля;

$\tau$  - время реакции водителя;

$K$  - коэффициент, учитывающий максимально возможное изменение скорости автомобиля-лидера, м/с (обычно его значение близко максимальному значению для данного типа автомобиля);

$v_{nt}$  - скорость ведомого автомобиля в момент времени,  $t$  м/с;

$S_{n(n+1)t}$  - расстояние между автомобилями в момент времени  $t$ , м.

Представленная зависимость является простейшей линейной моделью следования за лидером. Более точные результаты можно получить, используя нелинейную модель, в которой учитывается зависимость поведения водителя от дистанции между автомобилями.

**Второй** подход к изучению транспортных потоков рассматривает его как целостный процесс, характеризуемый только внешними параметрами. При таком подходе создаются *макроскопические модели*, которые рассматривают такие характеристики транспортного потока как скорость, интенсивность, плотность движения и т.п.

Между скоростью движения, плотностью и интенсивностью движения существует соотношение  $N_a = u_a q_a$ , которое графически может быть изображено в виде так называемой *основной диаграммы транспортного потока*

# ОСНОВНАЯ ДИАГРАММА ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

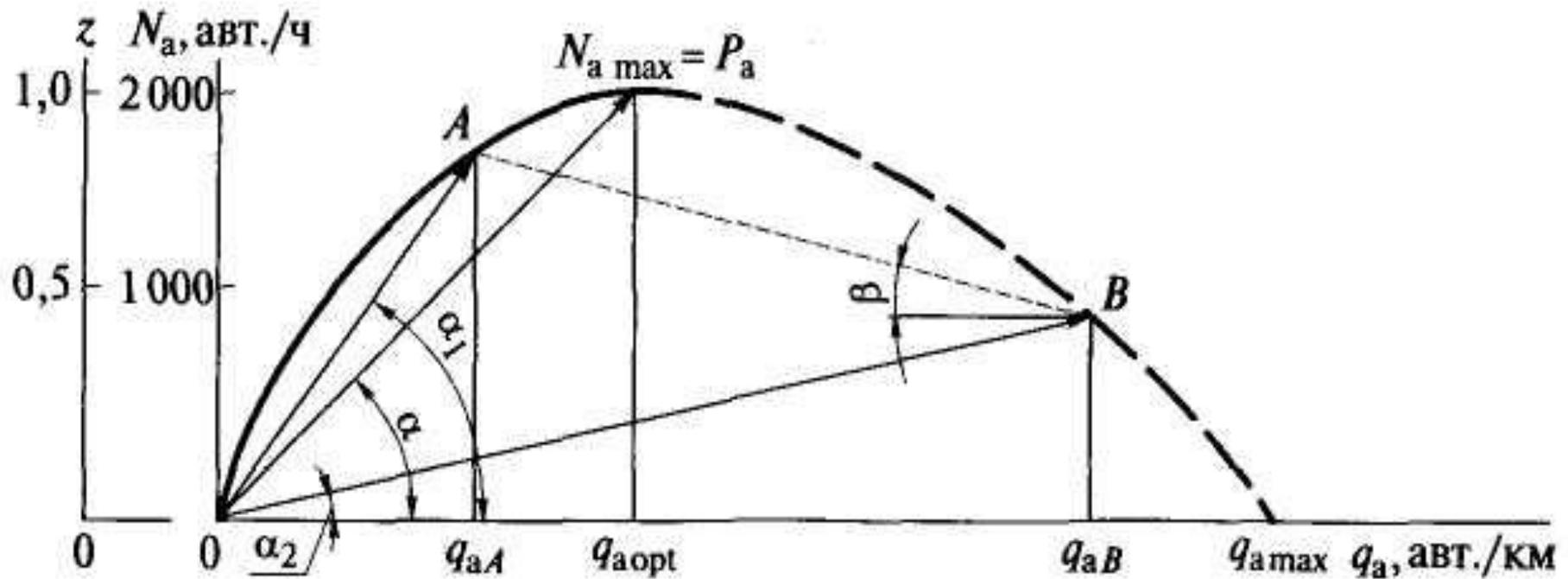


Диаграмма отражает изменение состояния однопотокового транспортного потока преимущественно легковых автомобилей в зависимости от увеличения его интенсивности и плотности. Левая часть кривой (показана сплошной линией) отражает устойчивое состояние транспортного потока, при котором по мере увеличения плотности транспортный поток проходит фазы *свободного*, затем *частично связанного* и *связанного* движения, достигая точки максимальной возможной интенсивности - пропускной способности (точка  $N_{a \max} = P_a$ ). В процессе этих изменений скорость транспортного потока падает - она характеризуется тангенсом угла наклона  $\alpha$  радиуса-вектора, проведенного от точки **O** к любой точке кривой, характеризующей изменение  $N_a$ .

Соответствующие точке  $N_{a \max} = P_a$  значения плотности и скорости транспортного потока считаются оптимальными по пропускной способности ( $q_{a \text{opt}}$  и  $u_{a \text{opt}}$ ). При дальнейшем росте плотности (за точкой  $P_a$  перегиба кривой) транспортный поток становится *неустойчивым* (эта ветвь кривой показана штриховой линией).

Переход транспортного потока в неустойчивое состояние происходит вследствие снижения плавности движения, например при появлении препятствия на участке дороги, неблагоприятных метеоусловиях и т. п. Снижение скорости движения автомобилем - лидером группы требует торможения разной интенсивности последующих автомобилей, а затем и разгонов, что создает пульсирующий, неустойчивый поток.

Резкое торможение транспортного потока (находящегося в режиме, соответствующем точке **A**) и переход его в результате торможений к состоянию по скорости и плотности в положение, соответствующее, например, точке **B**, вызывает так называемую «ударную волну» (показана тонкой штриховой линией **AB**), распространяющуюся навстречу направлению транспортного потока со скоростью, характеризуемой тангенсом угла  $\beta$ .

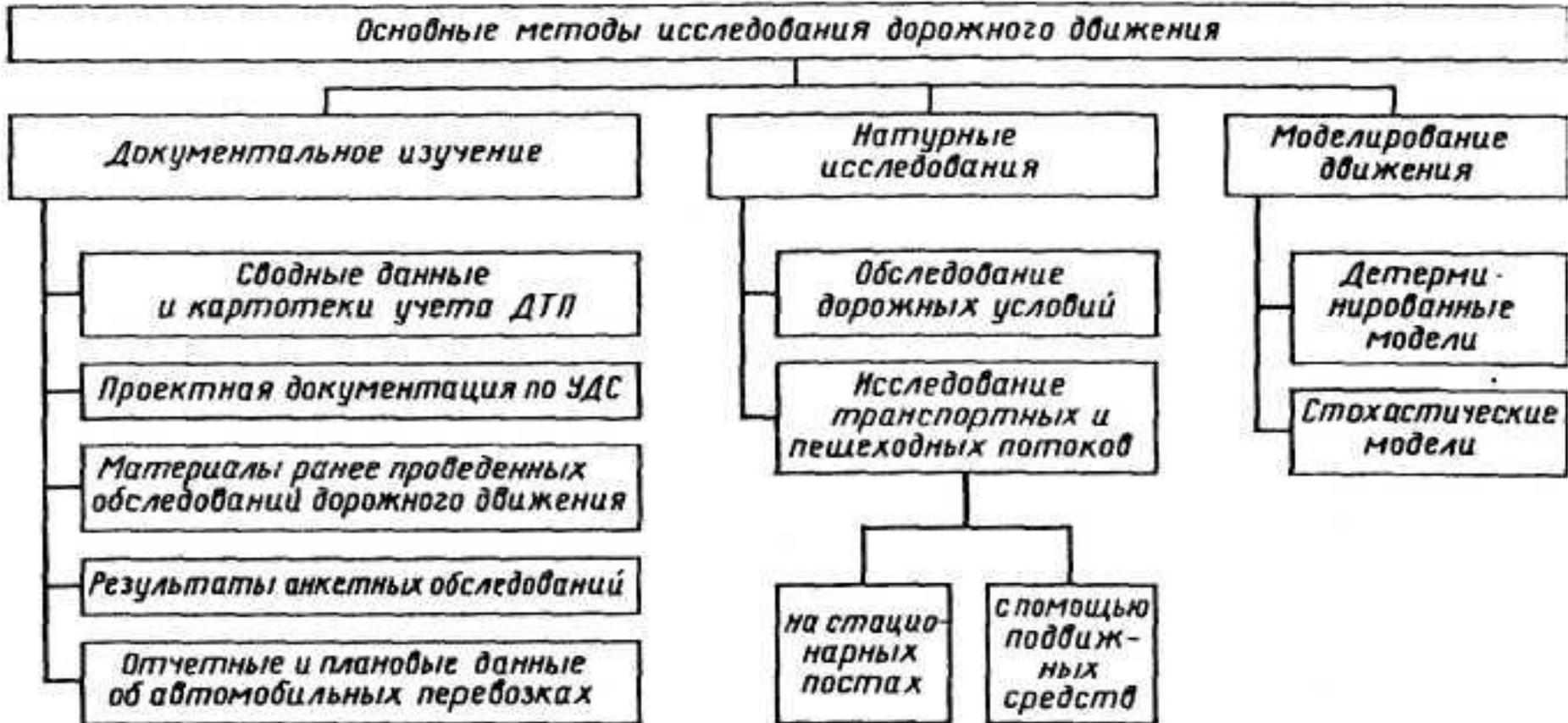
«Ударная волна» является, в частности, источником возникновения попутных цепных столкновений, типичных для плотных транспортных потоков.

В точках **O** и  $q_{\max}$  интенсивность движения  $N_a = 0$ , т.е. соответственно на дороге транспортные средства отсутствуют или транспортный поток находится в состоянии затора (неподвижности).

Радиус-вектор, проведенный из точки **O** в направлении любой точки на кривой (например, **A** или **B**), характеризующей  $N_a$ , определяет значение средней скорости потока

*Плотность* транспортного потока рассматривается как зависимая переменная, поскольку две другие (интенсивность и скорость движения) являются измеряемыми и независимыми переменными.

# КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ



**Документальное изучение** подразумевает изучение материала без непосредственного выезда на объект исследования (в так называемых *камеральных условиях*).

Документальное изучение можно осуществлять как на базе специально собранных данных, так и обработкой предназначенных для других целей материалов. Так, достаточно подробные сведения об ожидаемых транспортных потоках в зоне предполагаемого крупного строительства могут быть получены **на основе изучения проектных и плановых материалов об автомобильных перевозках строительных грузов**. Другим примером может служить анализ материалов, характеризующих **работу маршрутного пассажирского транспорта**, которые можно получить в соответствующем транспортном предприятии. По ним можно составить характеристики движения подвижного состава в различные периоды суток, не проводя непосредственного наблюдения. Материалы о размерах и характере перевозок часто специально собирают путем **анкетного обследования**. Типичным примером анкетного обследования является опрос водителей автомобилей в городе о пробеге, характерных маршрутах и времени поездок. Инструментом для такого обследования является анкета с необходимым перечнем вопросов, приспособленная для обработки на ЭВМ.

**Анкета обследования промышленных предприятий** для установления ожидаемого грузооборота, а следовательно, и размеров грузовых перевозок может содержать вопросы о количестве выпускаемой продукции, потребляемом сырье, топливе, полуфабрикатах, намечаемом строительстве и его потребностях в материалах.

Сведения, естественно, должны касаться только тех грузов, которые перевозит автомобильный и городской электрический транспорт.

Анкетный опрос весьма полезен также для обобщения замечаний водителей о тех недостатках в организации движения или дорожных условиях, которые характерны для обследуемых маршрутов или участков УДС.

Важным разделом документального изучения является прогнозирование размеров движения, которое базируется на гипотезе роста размеров движения пропорционально росту парка автомобилей.

**Анализ данных ГИБДД о ДТП** позволяет дать обобщенную характеристику причин и условий их возникновения, а также выявить места их концентрации.

Анализ имеющейся проектной документации по УДС дает возможность подготовить предварительную характеристику дороги (ширина, число полос движения, радиусы закруглений и т. п.). По мере необходимости документальные данные могут уточняться натурным обследованием. К источникам документального изучения следует отнести также научно-технические журналы, монографии и учебники, касающиеся ОДД.

**Натурные исследования** заключаются в фиксации конкретных условий и показателей дорожного движения, происходящего в течение данного периода времени. Эта группа методов в настоящее время наиболее распространена и отличается большим многообразием. Натурные исследования являются единственным способом получения достоверной информации о состоянии дорог и позволяют дать точную характеристику существующих транспортных и пешеходных потоков.

**Натурные исследования дорожного движения точки зрения метода получения информации и ее характера подразделяют на две группы:**

первая – **изучение на стационарных постах**, позволяющее получить многие характеристики и их изменение во времени, однако только в тех отдельных местах УДС, где эти посты были расположены;

вторая – **изучение с помощью подвижных средств**, позволяющее получить пространственные и пространственно-временные параметры транспортных потоков.

Исследования второй группы чаще всего обеспечивают при помощи **автомобиля-лаборатории**, иногда для этих целей применяют вертолет или легкий самолет. Общим условием для всех натурных исследований является **необходимость присутствия наблюдателя**. Как правило, наблюдения сопровождаются кино - или видеосъемкой. Натурные исследования дорожного движения осуществляются пассивными или активными методами.

При **пассивном методе** фиксируются лишь фактически сложившиеся режимы движения, и наблюдатель не вмешивается в процесс движения, т. е. получает "фотографию" существующего положения. Вместе с тем определенные характеристики транспортного и пешеходного потоков могут существенно изменяться даже при относительно небольшом улучшении организации движения, например при установке дополнительных знаков.

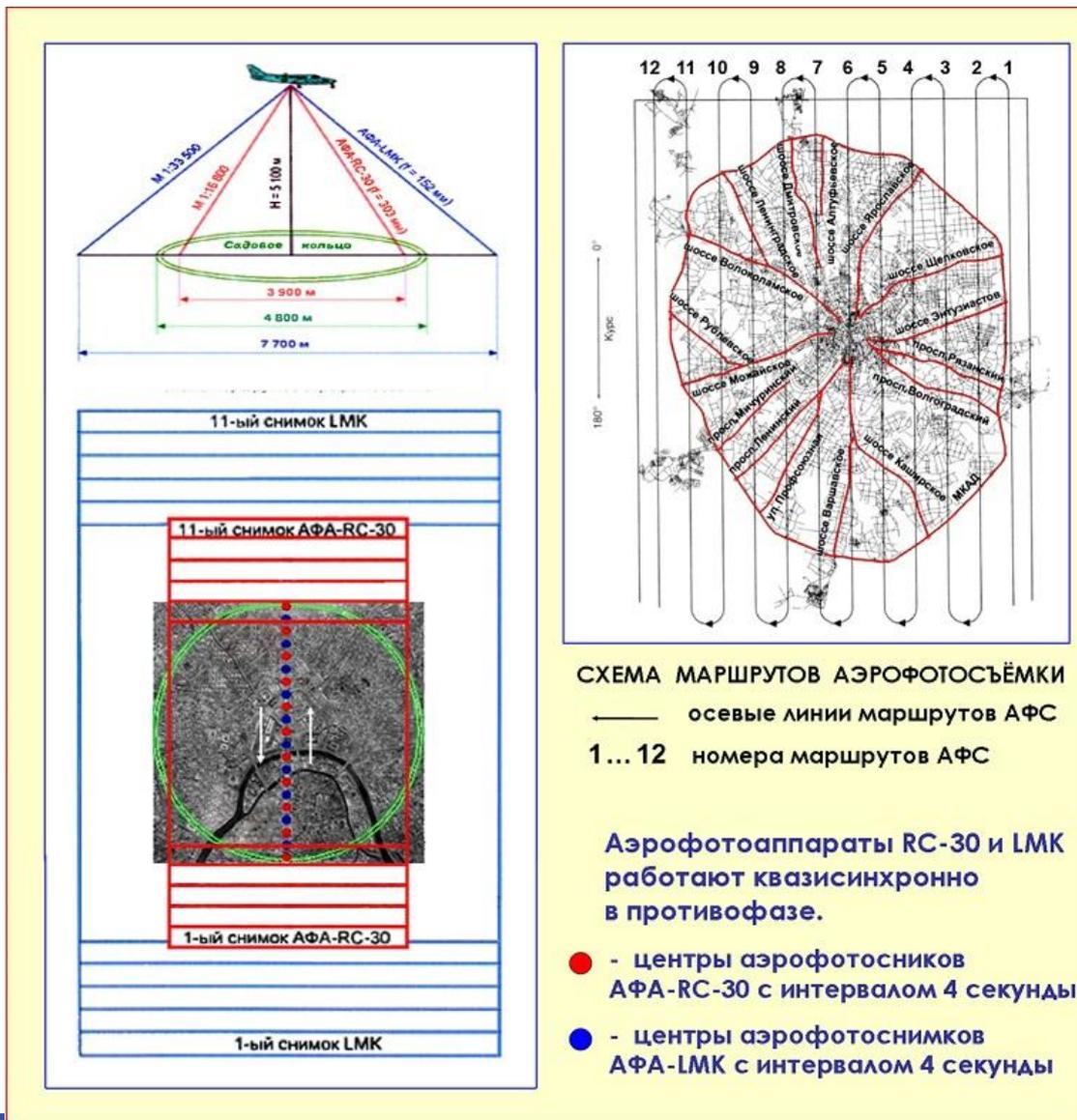
Поэтому в ряде случаев необходим **активный эксперимент**, не ограничивающийся фиксацией существующего положения, а обеспечивающий проверку эффективности различных вариантов организации дорожного движения. Это в первую очередь проверка при искусственном увеличении интенсивности движения за счет временного задерживания транспортного потока и, таким образом, его уплотнения

**Моделирование процессов дорожного движения** базируется на использовании математических методов для описания транспортного потока. При этом могут использоваться *детерминированные или стохастические модели*.

**Детерминированные модели** строятся по средним значениям, полученным натурными исследованиями и являются более простыми.

**Стохастические модели** строятся с учетом случайного распределения показателей, характеризующих отдельные элементы принимаемого математического описания процесса движения, и могут обеспечить более объективное воспроизведение различных фрагментов дорожного движения, в частности, с учетом поведения людей (водителей и пешеходов).

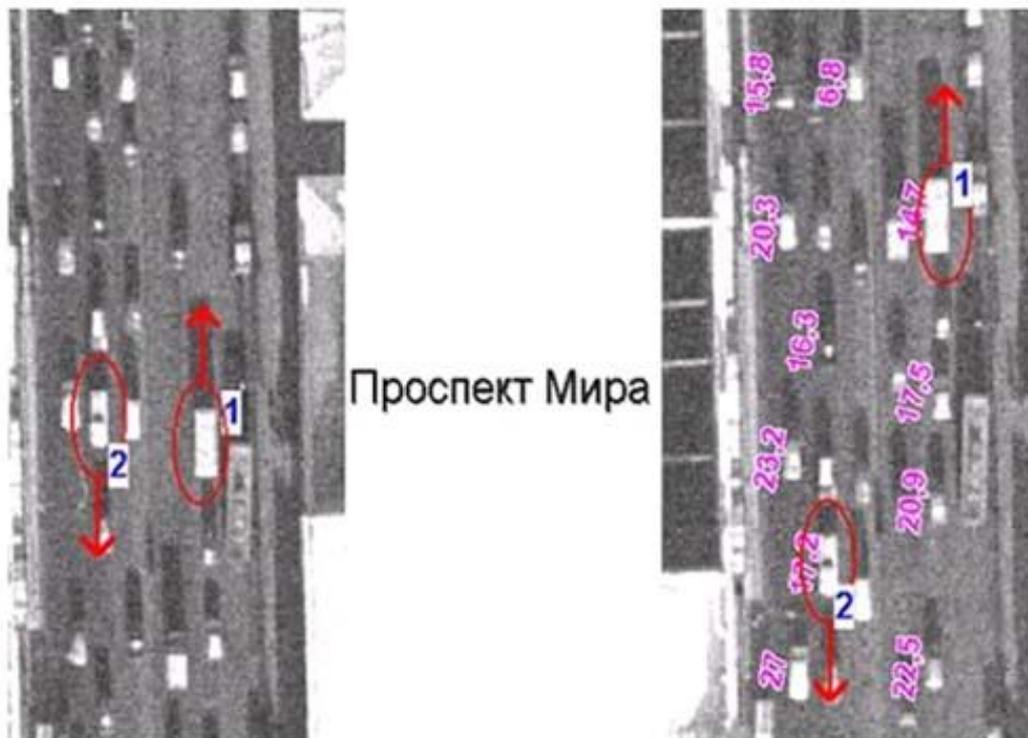
# СХЕМА АЭРОФОТОСЪЁМКИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ



# ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Определение параметров транспортных потоков на основе аэрофотограмметрической информации является одним из перспективных менее трудоёмких и более достоверных методов. Этот метод позволяет непосредственно измерить ряд характеристик транспортного потока, которые невозможно определить другими способами. Например, плотность и скорость транспортного потока. Аэрофотосъёмку можно проводить с помощью вертолёта или самолёта. Точность определения всех характеристик движения потока автомобилей составляет 3-5%. С помощью этого метода можно также определить распределение интенсивности движения по полосам движения и по длине дороги, что весьма трудоёмко при определении традиционными методами.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПО АЭРОФОТОСНИМКАМ



а, б – фрагменты перекрывающихся аэрофотоснимков в интервале времени 3.9146 сек

- 1 - первый автомобиль: длина пробега – 15,9 м, скорость – 14,7 км/ч;  
 2 - второй автомобиль: длина пробега – 18,7 м, скорость – 17,2 км/ч.

$V_s$  средняя пространственная и  
 $V_t$  средняя временная скорость по полосам;  
 $t$  интервал времени между изображениями;  
 $K$  количество транспортных средств, включая стоящие на светофоре, в заторе и т.д.;  
 $l$  - длина участка улицы, на котором определяются параметры;  
 $S_i$  ( $i = 1, \dots, k$ ) - длина пути каждого транспортного средства за известный интервал времени между изображениями

$$V_{cp.s} = \frac{1}{K \tau} \cdot \sum_{i=1}^K S_i$$

$$V_{cp.t} = \frac{\sum_{i=1}^K S_i^2}{\tau \sum_{i=1}^K S_i}$$

# ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ И ПЛОТНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ

для левой полосы:

$$N = 85q - 1.41q^2 + 0.0052q^3$$

для правой полосы:

$$N = 75q - 1.37q^2 + 0.0054q^3$$

# ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ПЛОТНОСТЬЮ И СКОРОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ

для левой полосы:

$$v = 85 - 1.41q + 0.0052q^2$$

для правой полосы:

$$v = 75 - 1.37q + 0.0054q^2$$

Широкомасштабное практическое использование фотограмметрический метод определения параметров транспортных потоков (интенсивность, плотность и скорость) на больших территориях улично-дорожной сети города **впервые был опробован в Советском Союзе в г.Тюмени в 1989 года**. Тогда для разработки комплексной транспортной схемы г.Тюмени Московским институтом Гипрокоммундортранс потребовались исходные данные: состав и интенсивность движения автомобилей на транспортных узлах города в единое пиковое время, максимальную загрузку транспортных узлов, интенсивность движения, плотность и скорость транспортных потоков на пересечениях и на перегонах улиц.

Учитывая наличие 43-х транспортных пересечений и 63 городских улицы, подлежащих обследованию, при традиционной методике учёта автомобилей потребовалось бы около тысячи человек одновременно выходящих на объекты. Разработали техническое задание на проведение обследования улично-дорожной сети города методом аэрофотосъёмки, наняли специальный самолёт, производящий такую съёмку, разработали методику полётов и обработки полученных данных и в короткие сроки предоставили необходимые данные.

Так как намеченные транспортные узлы распределены относительно равномерно по всей площади города, аэрофотосъёмку проводили в пределах выделенного прямоугольника площадью 90 км<sup>2</sup> (длина 13.4 км, ширина 6.7 км.). Масштаб съёмки 1:6000, частота фотографирования – базис 5с, что соответствует продольному перекрытию 65%, ширина фотографируемой зоны 1 км. С учётом поперечного перекрытия 35% для съёмки намеченной площади необходимо 9 залётов. Время одного залёта (с учётом разворотов) составило около 5 минут. Таким образом, для съёмки всей площади города потребовалось около 1 часа. Для определения экстремальных точек, где интенсивность движения в течение суток имеет максимальное значение, аэрофотосъёмку проводили непрерывно с 9 до 19 часов (с перерывом на обед с 14 до 15). Таким образом, в течение одного дня было проведено 9 залётов. Для получения статистически устойчивой информации аэрофотосъёмка проводилась в течение 3-х дней (среда, четверг, пятница) самолётом АН – 30. Всего выполнено 27 залётов. С учётом продольного и поперечного перекрытия каждый транспортный узел был сфотографирован, по крайней мере, 36 раз (9x2x2). А в течение 3-х дней около сотни раз. Это является хорошей основой для определения параметров транспортных потоков.

Следующий этап – это дешифрирование материалов аэрофотосъёмки и определение параметров транспортных потоков. В настоящее время разработаны компьютерные программы для автоматизированных систем дешифрирования непосредственно с борта самолёта. В то время такие программы только ещё создавались, поэтому пришлось применить традиционный метод дешифрирования - графоаналитический. Для этого применительно к получаемой аэрофотограмметрической информации была разработана соответствующая методика дешифрирования материалов аэрофотосъёмки и определения параметров транспортных потоков.

Для контроля получаемых данных в один из дней залёта (17.08.1989 г.) проводились визуальные наблюдения. Результаты сопоставления интенсивности движения по данным аэрофотосъёмки и визуального наблюдения вполне удовлетворительны. Разница не превысила 10%.



university

Тюменский  
индустриальный  
университет

ПЕРВЫЙ ВУЗ  
КОРПОРАЦИЙ

[www.tyuiu.ru](http://www.tyuiu.ru)