

Коваленко Л.А., канд. техн. наук, Гредасова О.Ю.

## ФОРМИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

**Анотація.** Розглянуті характеристики руху транспортних потоків на міських магістралях. Для встановлення закономірностей формування режимів руху на вулично-дорожній мережі були проведені експериментальні дослідження.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, транспортний потік, пропускна здатність.

**Аннотация.** Рассмотрены характеристики движения транспортных потоков на городских магистралях. Для установления закономерностей формирования режимов движения на улично-дорожной сети были приведены экспериментальные исследования.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, транспортный поток, пропускная способность.

**Annotation.** The features of transport streams movement on urban highways are considered. To establish the regularity of traffic modes forming on the road network there were carried out experimental researches.

**Key words:** road, traffic flow, carrying capacity.

На режимы движения потока автомобилей на городских улицах и дорогах имеет влияние целый ряд факторов, отличающихся от внегородских условий: наличие многополосных проезжих частей в одном направлении; расположение тротуаров близко к дороге; состав потока, частота расположения светофоров и длительность их циклов; большая возможность появления пешеходов на проезжей части; наличие в потоке значительного количества общественного транспорта; малая длина перегонов; высокая интенсивность и плотность движения; разнообразные режимы движения транспорта; большое количество пересечений в одном уровне; наличие стоянок вдоль бортов проезжей части улиц; большое количество информации, которая поступает к водителям. Под

воздействием перечисленных факторов происходит формирование потока автомобилей на улично - дорожной сети [1].

Состояние транспортного потока меняется не только в результате изменения интенсивности движения, но и изменения дорожных условий. Причем влияние дорожных условий на основные характеристики транспортного потока на городских улицах и дорогах является решающим. Чем чаще изменяются дорожные условия по длине улицы или дороги тем сложнее происходит взаимодействие автомобилей в транспортном потоке. Наличие разнообразного движения транспортных средств на городских улицах и дорогах (регулируемое и саморегулированное движение) также усложняет взаимодействие автомобилей в транспортном потоке.

Большое влияние на формирование потоков автомобилей на улично - дорожной сети города имеет многополосная проезжая часть. Влияние многополосности отражается на распределении транспортных средств по ширине проезжей части; на скорости и плотности потока постоянных перестроек и изменения полос движения на улицах без продольной разметки на полосы движения [2].

На многополосных улицах и дорогах на движение транспортных потоков влияет изменение рядности. Для каждой категории дорог характерна своя схема обгона и изменение полос движения. Маневрирование автомобилей на двухполосных автомобильных дорогах связано только с обгоном с обязательным возвращением на основную полосу движения. Изменение полос движения на дорогах с двумя полосами для постоянного движения в прежнем направлении невозможно, потому что по соседней полосе осуществляется движение в противоположном направлении [3]. На многополосных магистралях возможны и обгон, и изменение полос движения, причем обгоняющий автомобиль, всегда выходит на соседнюю полосу, по которой осуществляется движение в попутном направлении. Это обстоятельство позволяет принимать для изменения полос движения меньшие интервалы, чем на двухполосных дорогах. Увеличение числа полос движения в одном направлении приводит к перераспределению транспортных средств по полосам в зависимости от скоростных качеств автомобилей, что способствует более эффективному использованию полос движения на многополосных улицах и дорогах в сравнении с двухполосными дорогами [4].

Оценка характеристик движения транспортных потоков.

Важнейшим показателем, характеризующим транспортно эксплуатационные качества сети городских улиц, является ее пропускная способность. Под пропускной способностью улицы понимают максимальное число автомобилей, которые могут пройти по ней в единицу времени при обеспечении заданной скорости и безопасности движения. Для улиц непрерывного движения и скоростных магистралей необходимо знать пропускную способность одной полосы при заданной скорости свободного движения. Это значение рассматривается как предельная возможность полосы движения в пропуске транспортных потоков [1].

Пропускную способность полосы движения определяют с использованием упрощенных динамических моделей, которые лежат в основе определения величины динамического габарита. Все уравнения по определению величины динамического габарита построены на предположении, что автомобили двигаются в колонне с одинаковой скоростью на расстоянии, достаточном для полной остановки, без наезда на впереди идущий автомобиль. Величины динамических габаритов, определенные на основании динамических моделей, находятся в пределах значений, получаемых на основе двух предположений. Первое из них учитывает полную длину тормозного пути. В этом случае динамический габарит находят по формуле:

$$S_{min} = L = \frac{V}{3,6} + \frac{V^2 K_{екс}}{254(\varphi \pm i + f)} + l_1, l_2, \quad (1)$$

где  $K_{екс}$  – коэффициент эксплуатационного состояния тормозов;

$l_1$  – длина автомобиля, м;

$l_2$  – расстояние между остановленными автомобилями, м;

$\varphi$  – коэффициент продольного сцепления;

$i$  – продольный уклон;

$f$  – коэффициент сопротивления движения.

Второе предположение не учитывает тормозной путь. В этом случае расстояние между автомобилями определяют по формуле:

$$S_{min} = L = \frac{V}{3,6} + l_1 + l_2. \quad (2)$$

При определении пропускной способности многополосной проезжей части нужно учитывать не только максимальное число транспортных средств, которые могут пройти через разрез улицы, но и возможность выполнения автомобилями маневров перестройки, входа в поток, выхода из потока. Вероятность выполнения этих маневров зависит от плотности транспортного потока [3].

Пропускная способность улиц непрерывного движения многополосной проезжей частью в наше время рассчитывается по эмпирическим формулам [4]:

$$P = P_0 \prod K_i, \quad (3)$$

где  $P_0$  – расчетная пропускная способность одной полосы движения;

$\prod K_i$  – произведение коэффициентов, учитывающих дорожные условия, состав транспортного потока и количество полос движения.

Наиболее существенное влияние на пропускную способность улицы оказывают следующие факторы, которые учитываются коэффициентами в формуле: количество полос движения ( $K_n$ ), состав транспортного потока, который выражают через количество грузовых автомобилей ( $K_g$ ), состояние проезжей части ( $K_\varphi$ ), продольные уклоны ( $K_{in}$ ). В странах Западной Европы учитывают еще один фактор – ширину полосы движения ( $K_{usc}$ ), так как в центральной части старых городов есть улицы с шириной полос движения до 2,5 м. При ширине полосы более 3,5 м этот фактор влияния на пропускную способность городских улиц не имеет.

Таким образом пропускная способность улиц непрерывного движения вычисляют по формуле:

$$P = P_0 K_n K_g K_\varphi K_{in} K_{usc} \quad (4)$$

Значения коэффициентов в формуле (4) выбирают в соответствии с дорожными условиями [1].

Пропускная способность улиц со светофорной регуляцией определяется прежде всего пропускной способностью участка, на котором установлен светофор (пропускная способность улицы в сечении стоп-линии).

Методы расчета длительности светофорного цикла можно разделить на три группы [2]. Первая основана на использовании закономерностей разъезда очередей и допущении существования у светофоров очередей, которые

позволяют полностью использовать сигнал , позволяющий двигаться. Вторая из предположения случайного прибытия автомобилей к светофору, и оптимизация цикла ведется не по пропускной способности, а по длине очереди. К третьей группе относят методы, основанные на моделировании транспортных потоков. Первая группа методов расчета пропускной способности улиц при светофорной регуляции достаточно проста в использовании, потому что для своей реализации нуждается в знании только двух характеристик: состава потока и длительности светофорного цикла. Поэтому она наиболее пригодна при определении пропускной способности улично дорожной сети города [2].

Следует отметить, что объем исследований транспортно эксплуатационных показателей многополосных улиц и дорог пока невелик. Их результаты частично специфические особенности движения транспортных потоков на городских улицах и дорогах с многополосной проезжей частью. На сегодняшний день недостаточно изучены вопросы, связанные с особенностями закономерностей движения транспортных средств на многополосных улицах и дорогах, а именно: взаимосвязь скорости потока и плотности; влияние многополосности, на основные параметры транспортного потока; взаимосвязь скорости потока и интенсивности др. Все это создает определенные трудности при оценке пропускной способности многополосных дорог и улиц и анализе характеристик условий движения и состояния транспортного потока.

Для оценки характеристик движения и установления закономерностей формирования режимов движения транспортных потоков на улично-дорожной сети были проведены экспериментальные исследования. Задачами исследования было проведение экспериментальных наблюдений за скоростями и интервалами между автомобилями, установления закономерностей изменения скоростей движения, исследования изменения плотности транспортного потока при движении в разных погодных условиях и установления зависимостей между основными характеристиками движения транспортных потоков.

Определение состояния транспортного потока возможно при учете плотности и степени напряжения водителя. Плотность движения потока автомобилей является одним из основных параметров транспортного потока. Определяется она числом автомобилей на единицу длины улицы или дороги (обычно на 1 км). Этим параметром удобно характеризовать состояние потока автомобилей на отдельных участках улиц или на магистрали в целом. В городских условиях преобладает, как правило, движение плотных транспортных потоков, которые характеризуются низкими скоростями

движения и значительной неравномерностью. Величина плотности постоянно изменяется вдоль магистрали и во времени. Это отражается на изменении числа автомобилей в группах, в результате изменения дорожных условий. Как правило, повышенной плотностью характеризуются участки улиц и магистралей, на которых число автомобилей, которые прибывают в единицу времени, превышает число автомобилей, которые выходят из участка за то же время. Наиболее значительные колебания наблюдаются перед пересечениями в одном уровне с светофорной сигнализацией и без нее.

Плотность транспортного потока, скорость и интенсивность движения связаны между собой. При  $D=D_{max}$  достигается предельная интенсивность движения, что и является количественным выражением пропускной способности.

На основании экспериментальных исследований проведенных в разное время года были получены зависимости между плотностью и скоростью движения в форме.

Результаты расчета плотности движения и максимальной интенсивности приведенные в табл. 1.

**Таблица 1** – Плотность транспортного потока и максимальная интенсивность при движении в разных погодных условиях

№ участка, погодные условия	Средняя скорость движения, км/час	Плотность транспортного потока, авт/км	Максимальная интенсивность, авт/час
I участок, сухо	58,1	73	4244
I участок, снег	43,2	77	3341
II участок, сухо	48,9	81	3982
II участок, снег	37,3	84	3092

Расчет пропускной способности  $N$  (авт/час) многополосной проезжей части магистральной улицы осуществляется по формуле:

$$N = N_T n k_\sigma k_{nep} = \left[ \frac{3600V}{(l_a + 2) + V + IV^2} \right] n k_\sigma k_{nep}, \quad (5)$$

где  $n$  – количество полос проезжей части в одном направлении;  
 $k_\sigma$  – коэффициент многополосности;

$k_{пер}$  – коэффициент, который учитывает влияние пересечений.

$I$  – значение которое зависит от продольного уклона (при  $i=0$ ,  $I=0,055$ )

Была определена пропускная способность на первом экспериментальном участке дороги летом, она составляет 3758 авт/год. Пропускная способность на втором участке дороги летом составляет 4510 авт/год. Пропускная способность на первом участке дороги зимой составляет 2890 авт/год. Пропускная способность на втором участке дороги зимой составляет 3570 авт/год.

Сравнение полученных значений максимальной интенсивности (табл.1) со значениями пропускной способности, полученных за расчетами показали расхождение на 5,1-6,3%. Нужно отметить, что влияние скорости движения на плотность и пропускную способность больше при движении по накату, чем в сухую погоду. Поэтому наиболее точное определение скорости движения имеет большое значение для оценки состояния транспортного потока.

Движение в транспортном потоке по улице, которая работает в режиме пропускной способности, связано с большой сложностью. Водители высокой напряженности быстро устают, допускают ошибки в оценке скоростей движения, выборе дистанции допредыдущего автомобиля. Режим потока становится нестабильным: появляются высокие ускорения, резкие торможения, остановки. По мере приближения интенсивности к предельной пропускной способности не только снижается скорость движения, но и ухудшается стабильность движения. Полученные результаты могут быть использованы на стадии проектирования городских магистралей, разработки мероприятий по организации движения или обоснованию необходимости реконструкции городских улиц.

### Литература

1. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов / Е.М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
2. Фишельсон М. С. Городские пути сообщения / М. С. Фишельсон. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 180. – 292 с.
3. Шештокас В. В. Город и транспорт / В. В. Шештокас. – М.: Стройиздат, 1984. – 176 с.
4. Горбанев Р.В. Городские улицы и дороги с многополосной проезжей частью / Р.В. Горбанев, А.Н Красников, Е.И. Щербаков. – М.: Стройиздат, 1984. – 166 с.

УДК 625.712

Фоменко Г.Р., канд. техн. наук