

## ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПЛОТНЫХ ГРУПП ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ДОРОГИ

М.В. Кузин

В работе предложен метод, позволяющий учитывать изменение поперечного сечения проезжей части при моделировании транспортных потоков в городских сетях. Рассмотрены преимущества применения данного метода в комплексном моделировании транспортных потоков.

Традиционно модели транспортного потока описывают движение только в одном измерении. В некоторых моделях влияние соседних полос (многополосное движение) может быть учтено [1]. Проблема разработки полностью двумерной модели в том, что обычное обобщение одномерной модели на двумерный случай невозможно из-за неэквивалентности движений вдоль и поперёк дороги [2].

У транспортного потока (ТП) по мере движения в улично-дорожной сети (УДС) города постоянно изменяются взаимосвязанные характеристики, такие, как интенсивность, плотность, средняя скорость [3, с.6]. Учет изменения этих характеристик потока на всех основных элементах транспортной сети ведет к более адекватному представлению его в модели движения. В данной работе предлагается формула для перераспределения интенсивности потока на перегоне в зависимости от изменения ширины проезжей части.

В работе [4] выдвигается гипотеза о том, что причина пробок кроется в «узких местах» сужениях и расширениях дороги, как постоянных, так и временных. Они являются причиной образования, роста и распространения очередей на дорогах, определяется несколько типов «узких мест»:

**Активные «узкие места».** Между двумя участками дороги имеется активное «узкое место»: если входящий транспортный поток перегружен (вызывает очереди), а исходящий является свободным.

**Слияния (сужения).** Если интенсивность входящих потоков превышает вместимость слияния, выходящий поток заполняет пропускную способность слияния полностью, а остальной поток формирует очередь. Очередь может расти как по одному, так и по нескольким подъездам к слиянию.

**Другие типы «узких мест».** Заторную активность можно обнаружить на вертикальных и горизонтальных искривлениях дороги («горки» и прогибы), в тоннелях, на наклонных участках и других местах изменения характеристик и однородности дороги.

Основной характеристикой всех «узких мест» является то, что в определенной точке дороги изменяется ее максимальная пропускная способность [3, с.37], то есть изменяется значение потока насыщения -  $C$ .

В примере на рисунке 1 показано сужение проезжей части с уменьшением потока насыщения  $C$  на одну треть с 1800 авт./ч до 1200 авт./ч. Из рисунка 1б видно, что интенсивность входящего в сужение потока  $q(t) \neq const$ , в момент времени 27-28 секунд от начала цикла моделирования он начинает превышать поток насыщения дороги после сужения  $C^* < q(t)$ . Образуется очередь. Исходящий поток (светлый)  $q^*(t)$  некоторое время насыщен полностью, с момента, когда интенсивность входного потока начинает спадать, очередь постепенно рассасывается, и далее поток движется свободно.

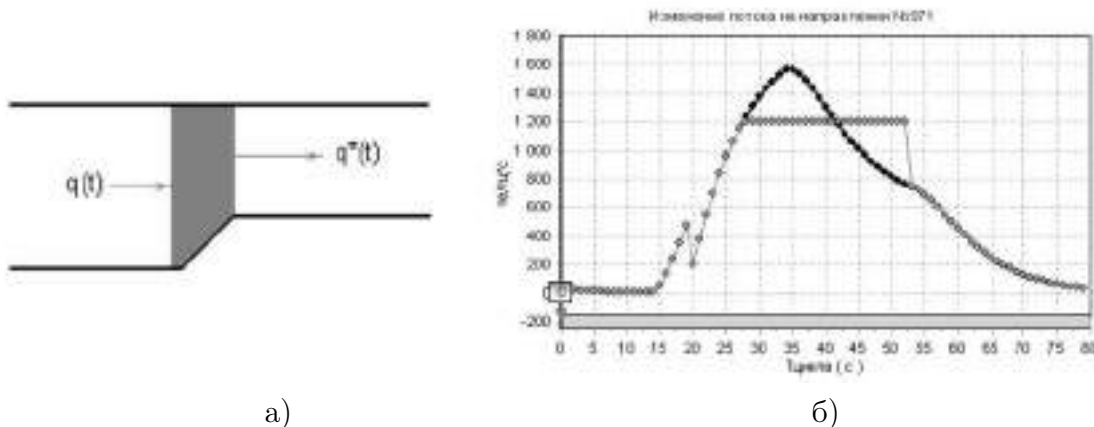


Рис. 1. Перераспределение потока при резком сужении проезжей части: (а) схема сужения; (б) графики интенсивностей входящего -  $q(t)$  (темный) и исходящего -  $q^*(t)$  (светлый) потоков в месте сужения

При обозначении потока насыщения исходящего потока -  $C^*$ , а длины очереди -  $l(t)$ , формула преобразования потока может быть записана следующим образом:

$$q(t) = \begin{cases} C, & l(t) > 0 \\ q(t), & l(t) \leq 0, \end{cases} \quad (1)$$

$$l(t) = l(t-1) + q(t) - C^*. \quad (2)$$

Формулы (1, 2) позволяют с достаточной точностью описывать групповой характер движения транспортных средств (ТС) в местах изменения поперечного сечения дороги. Также имеется возможность подсчитать среднюю длину очереди либо число задержанных ТС на данном элементе УДС города.

В работе [2] рассматривается двумерная макроскопическая модель транспортного потока, детально описывающая динамическое распределение плотности потока как вдоль направления движения, так и поперек. Однако она обладает рядом недостатков с точки зрения применения этой модели на практике:

**Проблема калибровки модели.** Модель имеет большое количество коэффициентов и членов, которые могут быть выбраны произвольным образом;

**Относительная сложность вычислений,** не позволяющая применить данную модель для расчета и оптимизации управления движением в крупных городских транспортных сетях, порядка 100 - 500 направлений движения.

Использование формул (1, 2) в рамках комплексного моделирования движения в транспортной сети города позволяет определить систематические заторы на перегоне, заранее предусмотреть места возможного уменьшения пропускной способности дорог и реагировать на изменение ситуации, автоматически переключая режимы управления на соседних перекрестках в случае затора.

Все величины (интенсивность, поток насыщения, длина очереди) используемые в формуле (1), могут быть измерены с помощью специальных приборов - детекторов транспорта. Простота расчета позволяет применять данную формулу при моделировании и поиске оптимальных параметров управления движением в больших городских транспортных сетях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Helbing D. Modeling multi-lane traffic flow with queuing effects // *Physica A*. 1997. V. 242. P. 175–194.
2. Карамзин Ю.Н., Трапезникова М.А., Четверушкин Б.Н., Чурбанова Н.Г. Двумерная модель автомобильных потоков // *Математическое Моделирование*. 2006. N. 6. С. 85–95.
3. Петров В.В. Управление движением транспортных потоков в городах: Монография. Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. 92 с.
4. Daganzo C.F. Remarks on Traffic Flow Modeling and its Applications // Dept. of Civil and Environmental Engineering University of California (Berkeley). 1998. N. 134.