

УДК 656.13

**А. В. Толок, к.т.н., доцент, В. О. Уразбаев, магистрант**

*Автомобильно-дорожный институт ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»*

*ул. Кирова 51, г. Горловка, Украина, 84646*

*alex.v.tolok@gmail.com, v.urazbaev@mail.ru*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА УЛИЦАХ И ДОРОГАХ**

Основы математического моделирования закономерностей дорожного движения были заложены в 1912 году русским ученым Дубелиром Г.Д. Первостепенной задачей, послужившей развитию моделирования транспортных потоков, стал анализ пропускной способности магистралей и перекрестков.

Первые работы основывались на выявлении статистической связи между плотностью транспортного потока и его интенсивностью. В 1955 году Лайтхилом и Уиземом была предложена модель, основанная на гидродинамической аналогии. Это модель стала переходом от статистического подхода к стройным теоретическим выкладкам. Однако по своей сути, этот переход был достигнут путем формального применения положений гидродинамики.

В 1961 г. Пригожиным И. была предложена модель, построенная на газодинамической аналогии.

В целом, модели, построенные на том, что движение транспортного потока уподобляется движению жидкости или газа в трубе, получили название макроскопические. В этом классе моделей формализована зависимость между интенсивностью и плотностью транспортного потока. Эта зависимость была названа «фундаментальной диаграммой транспортного потока».

Однако сравнение результатов, полученных на этих моделях, с реальными характеристиками транспортного потока показало, что модели работают до определенных скоростей и плотностей. Затем происходит фазовый переход и модели перестают работать.

Попытки исправить фундаментальную диаграмму начались с 1974 года и продолжаются до сих пор. Кульминацией этого является модель Б. Кернера и его соавторов [1]. Поведение транспортного потока уподобляется фазовым переходам газ – жидкость – замерзающая жидкость – лед. Основное внимание исследователи уделяют моделированию перехода жидкость – замерзающая жидкость, что позволит подойти к пониманию проблемы образования предзаторовых и заторовых ситуаций (а сейчас основная проблема в городах – как предотвратить заторы). Однако на данный момент этот механизм до сих пор непонятен. Вот одна из цитат: «Состояние дел в этой области на сегодня таково, что, не смотря на значительный прогресс, полное понимание природы автомобильных пробок еще не достигнуто. Ученые говорят, что они пока находятся ближе к пониманию процессов зарождения Вселенной, чем образования автомобильных заторов».

Кроме макроскопического выделяют микроскопический и вероятностные подходы к моделированию дорожного движения.

В микроскопических моделях моделируется взаимосвязь между парами автомобилей. Это модели следования за лидером, клеточные автоматы, модель разумного водителя. В большей своей части эти модели применимы только при условии движения автомобилей по одной полосе и не учитывают специфику конкретной дорожной сети. Характерно и то, что все микроскопические модели и макроскопические модели разрабатывались применительно только к прямым и горизонтальным участкам дорог. Для остальных участков дорог использовались в основном вероятностные модели.

Наиболее широкое распространение получило распределение Пуассона, распределение Пирсона III типа, смешанные распределения, теория массового обслуживания и др. Однако эти модели имеют пределы применимости. Так: распределение Пуассона и его разновидности применяются до 200 авт./час на полосу движения; распределение Пирсона III типа – до 600 авт./час на полосу движения; смешанные распределения – до 500 авт./час на полосу движения.

В целом можно отметить, что моделирование транспортных потоков на участках улиц и дорог в настоящее время переживает кризис. Существующие подходы вычерпаны, исправление существующих моделей приводит к их усложнению, а новые подходы еще не разработаны. И это стало настоящим вызовом для физиков и математиков.

Так, вначале 90-х в США проблемы исследования движения транспортных потоков были возведены в ранг проблем национальной безопасности. К решению этой задачи были привлечены лучшие «физические умы» и компьютерная техника Национальной исследовательской лаборатории Лос-Аламос. В России на физико-математических факультетах начали читать курс «Введение в математическое моделирование транспортных потоков». В Москве ежемесячно под эгидой Российской академии наук проводится семинар «Научно-практические задачи развития автомобильно-дорожного комплекса России», где ежемесячно ведущие российские физики и математики представляют работы в

направлении моделирования транспортных потоков. Издаются монографии в этом направлении, в которых излагаются последние достижения в моделировании транспортных потоков. Например, [2, 3].

А что в Украине?

Анализ многочисленных работ по транспортной тематике в украинских научных сборниках и журналах за последние годы привел нас к выводу, что серьезной научной работы в области моделирования транспортных потоков в Украине не проводится. Те немногочисленные публикации, которые нами обнаружены, во многих чертах повторяют достижения прежних лет. В выпускаемых в Украине учебниках и учебных пособиях для высших учебных заведений излагаются теории моделирования движения транспортных потоков начала 70 – х прошлого века. Математики в Украине не интересуются проблемами моделирования движения транспортных потоков на улицах и дорогах.

Что необходимо сделать:

1) весь предыдущий опыт показывает, что формализовать процесс движения транспортного потока достаточно сложно, поэтому без привлечения серьезных математиков это сделать практически не возможно;

2) осуществлять подготовку в высших учебных заведениях физико-математического профиля математиков-прикладников в области моделирования транспортных потоков либо ввести специальные курсы, как это делается в России;

3) реализовывать современные существующие и будущие созданные модели движения транспортного потока в виде программных продуктов, что позволит специалистам транспортникам применять их на практике (сложность моделей есть серьезной причиной того, что они на практике не применяются);

4) собирать и систематизировать экспериментальный материал о движении транспортных потоков на улицах и дорогах, который необходимо в дальнейшем использовать как основу для выдвижения гипотез о закономерностях движения транспортных потоков и формировании новых теорий;

5) подготовить современные учебники и учебные пособия в направлении моделирования транспортных и пешеходных потоков.

И в заключение процитируем одного из видных специалистов в области транспортного моделирования Деноса Газиса, который еще в 1972 г. сказал следующее: «... мы создали сложную математическую теорию по поводу того, что делать с массой автомобилей, которая скопилась на ограниченном пространстве улично-дорожной сети городских центров, и выработали на ее основе некоторые полезные инженерные рецепты. Но для дальнейшего продвижения нам невозможно избежать вопроса: может быть, лучше всем этим автомобилям одновременно там не собираться?» [4]. То есть, необходимо уметь моделировать процесс формирования транспортных потоков в городах и распределения этих потоков по улично-дорожной сети. И в этом направлении то же не все хорошо.

#### ***Библиографический список использованной литературы***

1. Kerner B.S. Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control / B.S. Kerner. – Berlin: Springer, 2009/ - 265 с.
2. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие / [Гасников А.В, Кленов С.Л., Нурминский Е.А. и др.]. – М.: МФТИ, 210. – 360 с.
3. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения / [А.П. Буслаев, А.В. Новиков, В.М. Приходько и др.]. – М.: Мир, 2003, - 368 с.
4. Вучик В.Р. Транспорт в городах, удобных для жизни / В.Р. Вучик. – М.: Издательский дом «Территория будущего», 2011. – 576 с.