

УДК 656.01

АНАЛИЗ БАЗОВЫХ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Тихонов В.А., Белов В.В., Артемьев В.С.

*Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, Чебоксары,
e-mail: vitoratasu@yandex.ru*

Рассмотрены вопросы применимости базовых моделей транспортного потока для решения актуальных проблем экологии окружающей среды и развития экономики государств. В Российской Федерации ущерб от загрязнений атмосферы, шума, воздействия на климат от автотранспорта в настоящее время составляет 2–3 % всего валового продукта. Проблемы, которые создает автотранспорт, существует не только в Российской Федерации, но и во всем мире. На конференции ООН еще в 1992 году была принята Повестка дня на XXI век – документ, в котором транспорт рассматривался как отрасль, которой необходимо уделить пристальное внимание, чтобы обеспечить устойчивое развитие человечества. Для решения проблем связанных с транспортом исследователи осуществляют наблюдения и проводят различные эксперименты с транспортными потоками. В результате появилось немало разработанных базовых моделей транспортного потока. Но все они не решают вопросы негативной стороны использования автотранспорта. В них не устанавливается взаимосвязь параметров отдельного транспорта, его режимов работы с параметрами всего транспортного потока. Поэтому невозможно рассчитать оптимальные параметры транспортного потока, для решения описанной выше проблемы. Приведены результаты исследования этих вопросов.

Ключевые слова: выхлопные газы, экология, транспорт, математические модели, транспортные потоки

ANALYSIS OF BASIC MODELS OF TRAFFIC FLOW

Tikhonov V.A., Belov V.V., Artemiev V.C.

*Chuvash state agricultural Academy, Izhevsk,
e-mail: vitoratasu@yandex.ru*

The questions of applicability of the underlying models of traffic flow for the solution of urgent problems of environmental ecology and economic development of States. In the Russian Federation the damage from air pollution, noise, climate impact from road transport currently accounts for 2–3 % of the total gross domestic product. The challenges posed by the vehicles, exists not only in Russia but throughout the world. At the UN conference in 1992 adopted the Agenda for the twenty-first century is the document that transport was seen as a sector need to pay close attention to ensure the sustainable development of mankind. To solve the problems of transport-related researchers undertake observations and conduct experiments with different traffic flows. This resulted in a lot of developed basic models of traffic flow. But they do not solve the negative aspects of using vehicles. They do not relationship is established between the parameters of individual transport, its modes of operation with parameters of the transport stream. Therefore, it is impossible to calculate optimal parameters of a traffic flow, to solve the problems described above. The results of the study of these issues.

Keywords: exhaust gases, the environment, transportation, mathematical model, traffic flows

Транспортный поток представляет собой совокупность движущих средств. Загрязнения от автотранспорта негативно влияют на здоровье человека и окружающую среду. Среди негативного влияния особое значение имеет: загрязнение воздуха (окислами углерода CO, углеводородами C_mH_n, окислами азота (NO, NO₂), соединениями свинца, канцерогенными веществами, сажей, альдегидами, которые могут сократить продолжительность жизни до 9 лет); шумовые загрязнения (приводят к нарушению сна, развитию гипертонии и ишемической болезни сердца, снижают производительность труда, что может сократить продолжительность жизни до 12 лет). В 2000 г. в Российской Федерации автотранспорт выбросил в атмосферу 11824,2 тыс.т. выхлопных газов. В тоже время без транспорта не может обойтись экономика любой страны. Чтобы как-то уменьшить негативное

влияние транспорта на окружающую среду, исследователи всего мира стремятся найти оптимальное движение транспортного потока и самого транспорта с целью уменьшения выхлопных газов, энергосбережения и других ресурсов. В результате наблюдений и обобщения таких исследований строятся математические модели транспортного потока. Математические базовые модели транспортного потока, это те модели, которые являются фундаментальными. Базовые модели с течением времени модифицируются, путем уточнения или незначительного добавления параметров (факторов). Добавление, уточнение параметров фундаментальных моделей транспортного потока увеличивает разнообразие, создает дочерние модели, делает их более адекватными [1, 2, 3, 4, 5]. На рис. 1 показана классификация основных базовых моделей транспортного потока:



Базовые модели транспортного потока

Рассмотрим эти модели более подробно.

1. В Микроскопических моделях транспортного потока оперируют элементами потока – следующими друг за другом транспортные средства, которые имеют характерные физические параметры. Элемент потока реализуется на основе его физического представления. До предела упрощенную (условно) микроскопическую модель транспортного потока можно представить, например, в виде равенства (1):

$$Nq_{\max} = A \frac{Va}{Ld}, \quad (1)$$

где $Nq_{\max}$ – максимально возможная интенсивность транспортного потока; A – коэффициент размерности (для согласования левой и правой части уравнения); Va – средняя скорость транспортного потока; Ld – средняя динамическая длина транспорта.

Именно в таком виде часто можно найти в литературе эту модель. Но если учесть, что параметры Va и Ld относятся к характеристикам транспортного потока в целом, то лучше ее отнести к макроскопической модели транспортного потока.

2. Макроскопическая модель (не имеет элемент потока) основывается на уравнении неразрывности, которая описывает постоянство количества жидкости, притекающей через трубу. Базовую модель можно представить, например, в виде уравнений (2):

$$\begin{cases} \frac{dqa}{dt} + \frac{dNa}{dx} = 0 \\ Na = Vaqa \ln\left(\frac{qa_{\max}}{qa}\right), \end{cases} \quad (2)$$

где Na – интенсивность транспортного потока; Va – скорость потока; qa – плотность транспортного потока; $qa_{\max}$ – плотность транспортного потока при заторе.

Базовая модель может иметь и другой вид по аналогии с жидкостью, включающая факторы состояния среды, в которой движется поток, состояние дороги и даже водителей.

3. Детерминированная модель – модель, в которой имеется функциональная однозначная зависимость между отдельными показателями функции. Модель (1) часто называют детерминированной. В реальности входящие составляющие модели Va , Ld являются вероятностными (стохастическими). И сама модель больше относится к стохастической. Микроскопическая детерминированная модель должна строиться на основе физического представления транспортного средства, где имеются конкретные связи между параметрами элемента транспортного потока и всего транспортного потока. В модели (1) этого нет. В связи, с чем модель (1) назвали условно микроскопической детерминированной (на рисунке показана пунктирная стрелка). Микроскопические детерминированные модели в основном разрабатывались в науке человечества в XVII, XVIII и XIX веках, а в XX, XXI их появляется относительно крайне мало. В то же время, в частности микроскопическая модель транспортного потока, нужна для глубокого понимания и расчетов транспортных потоков с целью экологической безопасности.

4. Базовые вероятностные (стохастические) модели часто строятся на известных («стандартных») зависимостях, например

Сравнительная характеристика моделей транспортного потока

Наименование модели транспортного потока		Достоинства	Недостатки
Микроскопическая модель транспортного потока	Детерминированная	1. Имеет наглядную связь между параметрами (режимом работы) транспортных средств и параметрами транспортного потока. 2. Можно учитывать влияние параметров элемента – транспортного средства на транспортный поток в целом.	1. Как правило, модель получается громоздкой. 2. Требуются очень большие вычислительные ресурсы.
	Стохастическая	1. Простота модели 2. Требуется малые («стандартные») вычислительные ресурсы	1. За простотой и «стандартностью» модели теряется физическая связь между параметрами модели
Макроскопическая модель транспортного потока	Стохастическая	1. Простота модели 2. Требуется малые («стандартные») вычислительные ресурсы	2. Не учитываются параметры и режимы работы элемента потока при расчете транспортного потока.

на уравнении (распределении) Пуассона (для однородного потока машин)

$$Pn = \frac{(Nat)^n}{n!} e^{-Nat}, \quad (3)$$

где $Pn(t)$ вероятность проезда n -го числа автомобилей за время t ; Na – основной параметр распределения (интенсивность транспортного потока) авт./с; t – длительность отрезков наблюдения, с; n – число наблюдаемых транспортных средств.

Для смешанного транспортного потока (грузовые, легковые и т.д.) рекомендуется использовать уравнения гамма-распределение Пирсона III типа или распределение Эрланга. Описанные выше вероятностные модели в основном используют как однофакторные.

Для построения многофакторных стохастических моделей лучше всего использовать регрессионные модели. Например, простейшая многофакторная модель транспортного потока представлена формулой (4):

$$Na = A1 Val + A2 qa, \quad (4)$$

где Na – интенсивность потока; Val – скорость потока; qa – плотность транспортного потока; $A1, A2$ – постоянные коэффициенты определяются методом регрессионного анализа из полученных экспериментальных данных.

Многофакторные (стохастические) модели более сложного вида в определенном интервале факторов могут давать достаточно точное описание транспортного потока,

но не позволяют решить важнейшие проблемы, связанные с экологией и экономикой.

Макроскопические модели бывают только вероятностными.

Есть много моделей транспортного потока, которые появились (особенно за рубежом) буквально в течение последних нескольких десятилетий в связи с развитием вычислительной техники и программных средств (например, модели, построенные на основе объектно-ориентированного программирования). Такие модели в этой статье не рассматриваются.

Список литературы

1. Колосов С.П., Возрождение автостроения России – импульс к устойчивому развитию экономики / Д.В. Лукина, В.А. Алексеев // Материалы МНПК «Современное состояние прикладной науки в области механики и энергетики». – Чебоксары: ФГБОУ ВО «Чувашская ГСХА», 2016. – С. 439 – 451.
2. Григорьев В.Г. Реконструкция энергохозяйства отдельных моногородов России / В.С. Артемьев, В.А. Алексеев, Н.В. Павлова // Сборник научных трудов Региональная энергетика и электротехника. – Чебоксары: Изд-во Чувш. ун-та, 2010. – С. 75–78.
3. Алексеев В.А. Развитие методов интеллектуального анализа в интеграции с моделями систем диспетчеризации энергосберегающего оборудования / С.П. Колосов // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2013. – №11 (52). – С. 35 – 42.
4. Зайцев П.В. Оценка эффективности функционирования кормоприготовительного оборудования в молочном животноводстве // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. – Йошкар-Ола: Мар. Гос. Ун-т, 2013 – вып. XV. – С. 335 – 337.
5. Алексеев В.А. Аспекты стратегического развития энергетического эффекта реальной экономики при модернизации энергохозяйства прообразов моногородов / В.А. Тихонов // Материалы МНПК «Продовольственная безопасность и устойчивое развитие АПК» 20–21 октября 2015 г. – Чебоксары. – С. 54 – 58.