

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ МАКРОМОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО
ПОТОКА**

Gantimurova J.O.

**COMPARATIVE ANALYSIS TRAFFIC PARAMETERS USING VARIOUS
MACROMODELS OF TRAFFIC FLOW**

Аннотация. В статье представлен обзор существующих макромоделей транспортного потока, которые позволяют определять такие параметры, как интенсивность, плотность и среднюю скорость движения. На численном примере произведен сравнительный анализ макромоделей Гринберга, Дрю и Гриншилдса.

Ключевые слова: транспортный поток, параметры движения, интенсивность, плотность, скорость, уравнение транспортного потока.

Abstract. The article provides an overview of existing macro models of traffic flow, which make it possible to determine such parameters as intensity, density and average speed of movement. Using a numerical example, a comparative analysis of the Greenberg, Drew and Greenshields macro models was performed.

Keywords: traffic flow, traffic parameters, intensity, density, speed, traffic flow equation.

В связи с высоким ростом автомобилизации актуальной задачей является оптимизация улично-дорожной сети с целью удовлетворения потребностей в перевозках. Для этого необходимо учитывать закономерности развития транспортной сети, рассредоточение нагрузки на отдельных ее участках. Потому особое значение занимает моделирование параметров движения транспортного потока [1-4]. Главными характеристиками транспортного потока являются: интенсивность (q), плотность (k) и скорость (V). В общем виде соотношение между этими характеристиками описывается уравнением транспортного потока, которое выражает значение интенсивности, как произведение плотности на скорость. Графическое представление этого уравнения носит название основной диаграммы транспортного потока, на которой прослеживаются общие закономерности изменения состояния [5]. Диаграмма не может отразить всю сложность процессов, поскольку на их изменение оказывает влияние большое количество факторов системы «водитель-автомобиль-дорога-среда» (ВАДС), и изменяются условия движения на улично-дорожной сети.

В процессе развития теории транспортных процессов сформировалось два основных подхода к задаче моделирования потоков: на микроскопическом и макроскопическом уровне. Макроскопические модели рассматривают поток в целом; поведение конкретного автомобиля имеет второстепенное значение. В отличие от макроскопических моделей, микроскопические имитируют движение одного транспортного средства, а динамические переменные моделей выра-

жаются такими свойствами, как положение и скорость [6-7]. Рассмотрим некоторые макроскопические модели транспортных потоков, которые применяются на практике.

1. Экспоненциальное уравнение (модель Гринберга)

Уравнение состояния транспортного потока описывается в виде:

$$q = k \cdot v_m \cdot \ln \frac{k_j}{k}, \quad (1)$$

где k_j – максимальная плотность транспортного потока; v_m – значение скорости, при котором интенсивность максимальна.

Оптимальная плотность определяется как:

$$k_m = \frac{k_j}{e}. \quad (2)$$

Оптимальная скорость транспортного потока является постоянной величиной $v_m = const$.

Соответственно выражение (1) принимает вид:

$$q_m = \frac{1}{e} \cdot v_m \cdot k_j. \quad (3)$$

2. Параболическое уравнение (модель Дрю)

В данном случае уравнение состояния транспортного потока выражается с учетом скорости свободного движения ($v_{св}$):

$$q = k \cdot v_{св} \cdot \left[1 - \left(\frac{k}{k_j} \right)^{1/2} \right]. \quad (4)$$

Оптимальная плотность:

$$k_m = \frac{4}{9} \cdot k_j. \quad (5)$$

Оптимальная скорость:

$$v_m = \frac{1}{3} \cdot v_{св}. \quad (6)$$

Пропускная способность:

$$q_m = \frac{4}{27} \cdot v_{св} \cdot k_j. \quad (7)$$

3. Линейное уравнение (модель Гриншилдса)

Уравнение состояния:

$$q = k \cdot v_{св} \cdot \left(1 - \frac{k}{k_j} \right). \quad (8)$$

Оптимальная плотность:

$$k_m = \frac{1}{2} \cdot k_j. \quad (9)$$

Оптимальная скорость:

$$v_m = \frac{1}{2} \cdot v_{св}. \quad (10)$$

Тогда, пропускная способность будет определяться, как:

$$q_m = \frac{1}{4} \cdot v_{св} \cdot k_j. \quad (11)$$

Произведем сравнительный анализ описанных выше моделей на примере однородного потока транспортных средств, максимальная плотность которого

го составляет 155 авт./км. Скорость свободного движения принята равной 90 км/ч. На рисунке 1 отражена диаграмма состояния транспортного потока в координатах «интенсивность-плотность», шаг расчета 10 авт./ч.

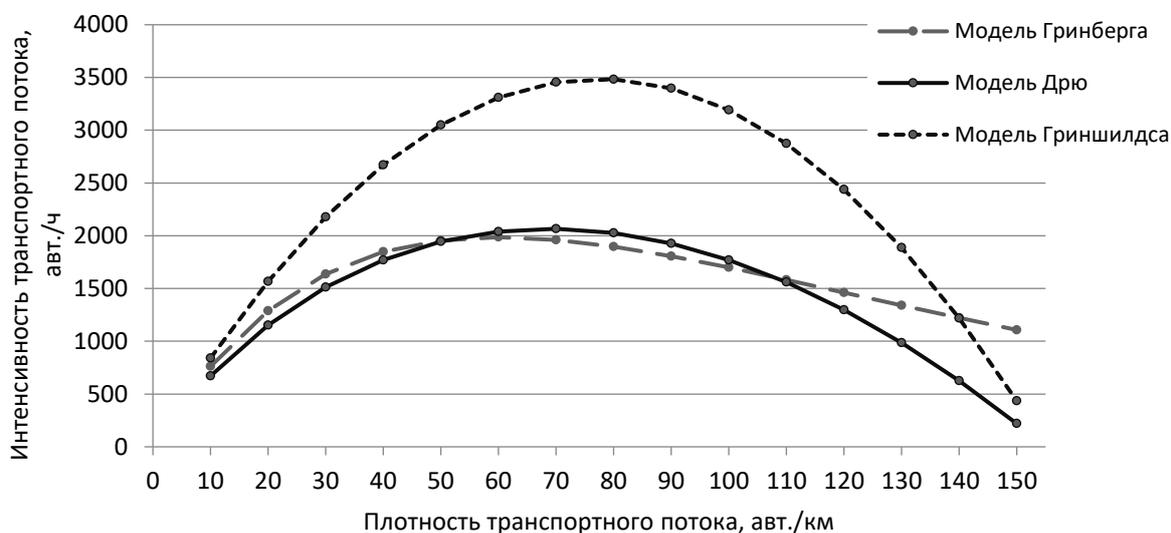


Рисунок 1 – Диаграмма состояния транспортного потока для заданных показателей

В таблице 1 представлены оптимальные значения характеристик транспортного потока для достижения максимальной интенсивности дорожного движения в заданных условиях.

Таблица 1

Оптимальные значения характеристик транспортного потока

Наименование модели	Значение показателей			
	Максимальная интенсивность движения, авт./ч	Оптимальная скорость движения, км/ч	Оптимальная плотность, авт./км	Коэффициент детерминации, R ²
1. Модель Гринберга	1987	33	60	0,8455
2. Модель Дрю	2067	30	69	0,9921
3. Модель Гриншилдса	3488	45	78	1,0000

Максимальная интенсивность движения (3488 авт./ч) достигается при моделировании согласно зависимости Гриншилдса со значением скорости в 45 км/ч, что наиболее приближено к реальным дорожным условиям. При полиномиальной аппроксимации рассмотренные модели характеризуются высоким коэффициентом детерминации (более 80%).

Проблема организации дорожного движения является сложной задачей, особенно в рамках городской среды, где отмечается высокая урбанизация, и увеличение количества транспортных средств несопоставимо с протяженностью улично-дорожной сети. Поэтому информация о движении транспортного

потока представляет большую практическую значимость для принятия соответствующих мер с целью восстановления должного уровня безопасности системы ВАДС [7]. Обобщая представленные результаты сравнительного анализа параметров транспортного потока, стоит отметить разнообразие моделей, разработанных для решения задач, связанных с проблемами автомобильного движения. Однако окончательный выбор метода моделирования будет определяться поставленной задачей и техническими возможностями при проведении исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ветрогон, А. А.** Транспортное моделирование как инструмент для эффективного решения задач в области управления транспортными потоками / А. А. Ветрогон, М. Н. Крипак. – Текст : непосредственный // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2018. – № 3 (59). – С. 82-91.
2. **Преловская, Е. С.** Транспортное моделирование: от города к агломерации / Е. С. Преловская, А. Ю. Михайлов. – Текст : непосредственный // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2014. – № 3. – С. 86.
3. **Пиров, Ж. Т.** Влияние распределения транспортных потоков на скорость сообщения на сегментах городских улиц с регулируемым движением / Ж. Т. Пиров, А. Ю. Михайлов. – Текст : непосредственный // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 2. – С. 115-124.
4. **Зедгенизов, А. В.** Управление скоростью движения на скоростных дорогах городских и урбанизированных территорий / А. В. Зедгенизов, А. Ю. Михайлов. – Текст : непосредственный // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2010. – № 6 (46). – С. 141-146.
5. **Левашев, А. Г.** Уточнение терминологии в области теории транспортных потоков / А. Г. Левашев, А. Ю. Михайлов. – Текст : непосредственный // В сборнике: Транспортное планирование и моделирование. Цифровое будущее управления транспортом. Сборник трудов III Международной научно-практической конференции. Под редакцией С.В. Жанказиева. – 2018. – С. 77-83.
6. **Федотова, А. С.** Степень использования пропускной способности автомобильных дорог / А. С. Федотова, О. А. Лебедева. – Текст : непосредственный // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. – 2015. – Т. 1. № 1. – С. 270-274.
7. **Косолапов, А. В.** Геоинформационный мониторинг параметров транспортных потоков в городах / А. В. Косолапов. – Текст : непосредственный // Гео-Сибирь. – 2009. – Т. 1. № 2. – С. 301-305.