



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Сервис и техническая эксплуатация  
автотранспортных средств»

## **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

по дисциплине

«Моделирование транспортных процессов»

**«Использование метода  
электро моделирования для  
определения основных характеристик  
транспортного потока»**

Автор

Гальченко Г.А

Ростов-на-Дону, 2015



## Аннотация

Изложены цели лабораторной работы по моделированию основных характеристик транспортных потоков и краткие сведения, необходимые студентам для ее выполнения.

## Автор

к.ф.-м.н., доцент  
Гальченко Галина Алексеевна



## Оглавление

Цель работы :.....	4
Задачи работы :.....	4
Основные сведения .....	4
Метод электро моделирования транспортных потоков .....	6
Порядок выполнения .....	6
Выводы.....	11
Требования к отчету.....	12
Контрольные вопросы .....	12
Литература .....	12

### Цель работы :

- изучение метода моделирования транспортных процессов, формирование у студентов профессиональных знаний и овладение навыками решения транспортных задач с применением информационных технологий.

### Задачи работы :

- выбор участка трассы по карте со спутника,  
- по предварительным натурным наблюдениям:  
• определение средней скорости движения ТС на выбранном участке -  $V$ ,

- расчет средней массы ТС -  $m$ ,
- определение угла наклона трассы  $\alpha$ .

С использованием возможностей MS EXCEL :

- расчет основных транспортных характеристик на выбранном участке трассы при различных погодных условия ( $\varphi$ ) и различной скорости движения ( $V$ ) методом электромоделирования:

- интенсивности движения  $I$ ,
- напряжения движения  $V$ ,
- сопротивления движению  $R$

- построение графиков зависимостей  $I(V)$ ,  $R(V)$ ,  $V(N)$ ,  $V(\alpha)$

### Основные сведения

Рост автомобильного парка и увеличение объема перевозок приводит к увеличению интенсивности движения, что в условиях городов с исторически сложившейся застройкой приводит к возникновению транспортной проблемы. Особенно остро она проявляется в тех пунктах улично-дорожной сети (УДС), где есть пересечение крупных транспортных магистралей. Здесь увеличиваются транспортные задержки, образуются очереди и заторы, что вызывает снижение скорости сообщения, неоправданный перерасход топлива и повышенное изнашивание узлов и агрегатов транспортных средств, а также ухудшается экологическая ситуация данного участка дороги. го движения и повышению негативных последствий - аварийности, стоимости перевозок, повышения загрязнения окружающей среды, шума, и т.д. На сегодняшний день существует ряд методик прогнозирования снижения эффективности УДС, а так же ряд моделей для выведения ситуации из критической и повышения скорости и пропускной способности на УДС городов. Многие методики связаны либо с теорией массового обслуживания либо с имитацией потоков жидко-

## Моделирование транспортных процессов

сти. Теория массового обслуживания крайне сложна и требует огромного количества входных данных, а они очень быстро меняются, и переработка схемы УДС, режимов регулирования зачастую не успевает за прогрессом. Теории же основанные на истечении жидкостей устарели с преобразованием автопарка в скоростные и динамичные автомобили. Жидкости двигаются слоями и чем ближе к краям трубы (проезжей части) тем медленнее, - сегодня это не так. Назревшая транспортная проблема требует поиска принципиально новых подходов.

Основы математического моделирования закономерностей дорожного движения были заложены в 1912 году русским ученым, профессором Г. Д. Дубелиром. Первостепенной задачей, послужившей развитию моделирования транспортных потоков (ТП), стал анализ пропускной способности магистралей и пересечений. В настоящее время пропускная способность является важнейшим критерием оценки качества функционирования путей сообщения.

В последнее время в исследованиях транспортных потоков стали применять междисциплинарные математические идеи, методы и алгоритмы нелинейной динамики. Их целесообразность обоснована наличием в транспортном потоке устойчивых и неустойчивых режимов движения, потерь устойчивости при изменении условий движения, нелинейных обратных связей, необходимости в большом числе переменных для адекватного описания системы. Многие модели наряду с многочисленными преимуществами имеют значительные недостатки, позволяющие не в полном объеме учитывать основные характеристики транспортного потока, в конечном итоге давая незаконченный характер в моделировании транспортного потока. Анализ существующих теорий показывает целесообразность математического моделирования транспортных потоков и их научного обоснования, что в свою очередь, при использовании этих моделей, приведет к улучшению организации дорожного движения.

Поиск новой концепции организации движения проводится на основе абстрагирования представлений «автомобиль», «улично-дорожная сеть» и др., и, переходит к более общим явлениям материального мира, когда, например, крупный город с его развитой улично-дорожной сетью, дорожными знаками, светофорами, потоками автомобилей и др., представлен неким силовым полем. Согласно физическим воззрениям силовое поле - часть пространства, в каждой точке которой на помещенную туда материальную точку действует сила, величина и направление которой зависит только от координат и времени либо только от координат.

## Метод электромоделирования транспортных потоков

Метод электромоделирования транспортных потоков автомобилей, позволяет решать целый ряд задач организации дорожного движения, до последнего времени недоступных при традиционных подходах.

Установлены аналогии между основополагающими характеристиками (сила тока, напряжение, сопротивление) и характеристиками транспортного потока.

**Таблица 1**

Аналогии параметров транспортного (материального) потока и электрического тока

Электрический ток	Транспортный (материальный) поток
$I_T$ - сила тока	$I$ - интенсивность материального потока: $I = m \frac{N}{l} \bar{v}$
$U_T$ - напряжение	$U$ - напряжение материального потока: $U = mg(\psi \pm i)l$
$R_T$ - сопротивление	$R$ - сопротивление движению материального потока: $R = \frac{g(\psi \pm i)l}{q\bar{v}}$

### Порядок выполнения

1. Привести карту выбранного участка и исходные данные натуральных измерений ( матрицу корреспонденций )

Выбран перекресток ул. Орбитальная - ул. Беяева г. Ростов-на-Дону

## Моделирование транспортных процессов

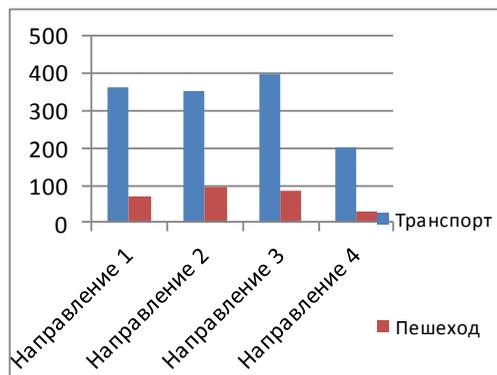


Рисунок 1. Вид перекрестка со спутника

Рисунок 2. Натурные наблюдения

**Таблица 1**

Матрица корреспонденций для выбранного участка трассы

m, т	1,5	q(пн)1	61
l, км	0,5	q(пн)2	79
V, км/ч, шаг 5	0-35	q(пт)1	68
N(пн)1, шт	550	q(пт)2	88
N(пн)2, шт	711	на спуске $\alpha=3^\circ$	0,998
N(пт)1, шт	612	на подъеме $\alpha=3^\circ$	0,999
N(пт)2, шт	793	на спуске $\alpha=6^\circ$	0,995
l, км	0,5	$\psi_1$	0,006
$\alpha_1$	$6^\circ$	$\psi_2$	0,012
$\alpha_2$	$3^\circ$	$\psi_3$	0,018

2. Рассчитать интенсивность ТП и построить графики зависимостей интенсивности движения от скорости и количества ТС, используя возможности MS EXCEL. Привести PRINTSCREEN расчетов.

$$I = \frac{mN}{l} V \quad (1)$$

где m – масса автомобиля, кг

l – длина участка дороги, км

N – количество автомобилей на заданном участке дороги

V – средняя скорость автомобилей, км/ч

### Моделирование транспортных процессов

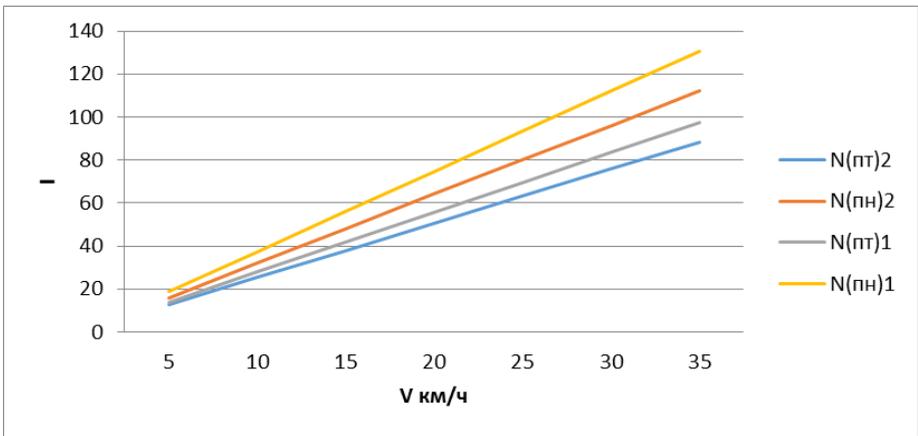


Рисунок 3. Зависимость интенсивности движения ТП от скорости

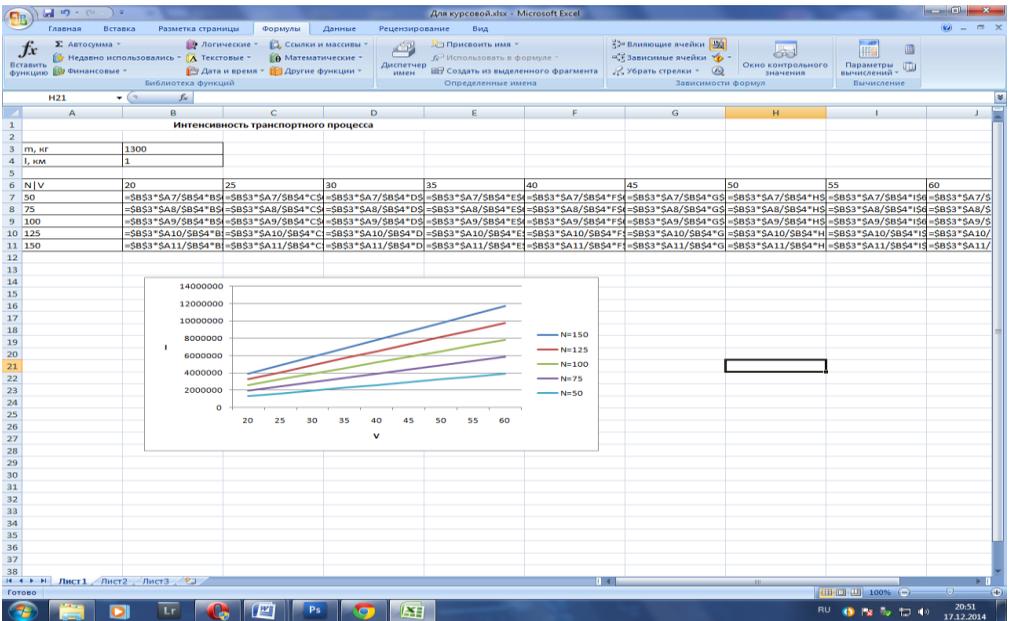


Рисунок 4. Расчет зависимости интенсивности ТП в MS Excel

3. Рассчитать сопротивление движению ТП и построить графики зависимостей сопротивления движению от скорости при различных погодных условиях на спуске и подъеме, используя возможности MS EXCEL. Привести PRINTSCREEN расчетов.

**Сопrotивление движению транспортного потока**

$$R = \frac{g(\Psi+i)l}{qV} \quad (2)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения

$\Psi$ - коэффициент сцепления

$i$  –  $\cos(\alpha)$

$\alpha$  – угол уклона дороги

$l$  – длина участка, км

$q$  – количество автомобилей на заданном участке

$V$  – средняя скорость автомобилей, км/ч

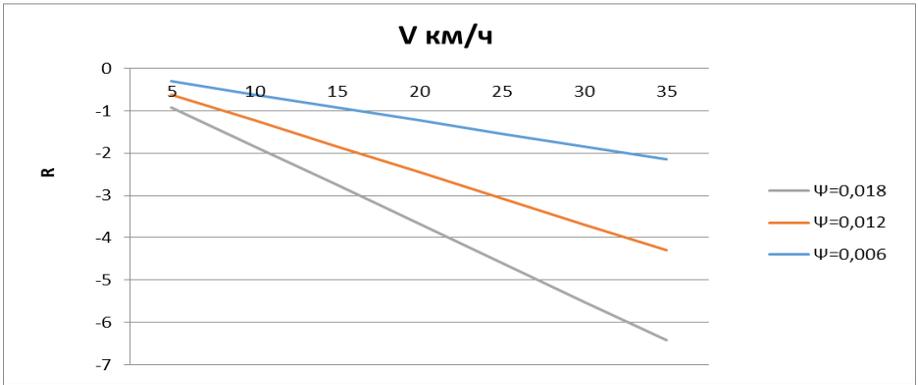


Рисунок 5. Зависимость сопротивления движению ТП от скорости на спуске при  $\alpha=3^\circ$ ,  $q=79$  для различных погодных условий

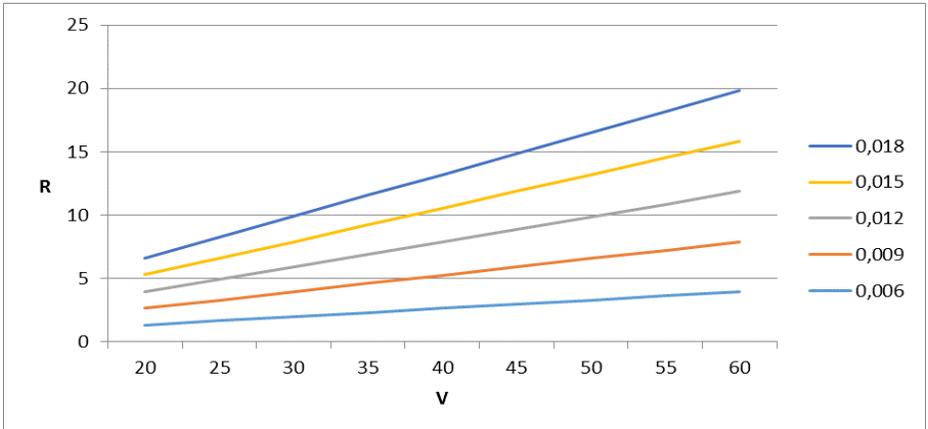


Рисунок 6. Зависимость сопротивления движения ТП от скорости на подъеме  $3^\circ$ , при  $q=150$

## Моделирование транспортных процессов

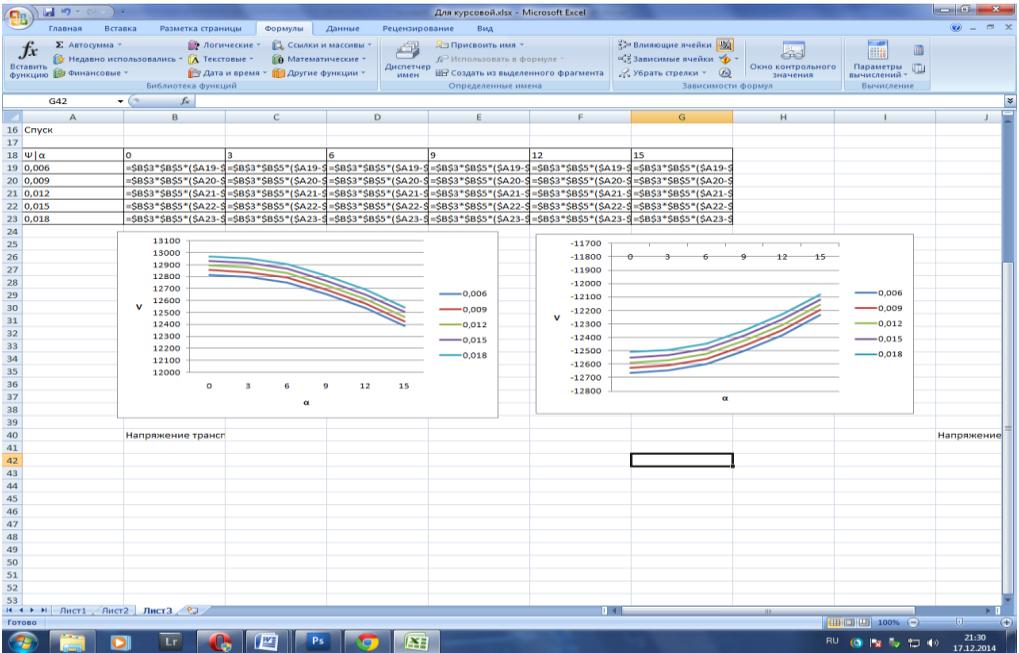


Рисунок 7. Расчет зависимости сопротивления ТП в MS Excel

4. Рассчитать напряжение транспортного потока и построить графики зависимостей интенсивности движения от скорости и количества ТС, используя возможности MS EXCEL. Привести PRINTSCREEN расчетов.

**Напряжение транспортного потока**

$$V = mg(\Psi \pm i)l \tag{3}$$

где  $m$  – масса автомобиля, кг  
 $g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$   
 $i$  –  $\cos(\alpha)$   
 $\alpha$  – угол уклона дороги  
 $l$  – длина заданного участка

## Моделирование транспортных процессов

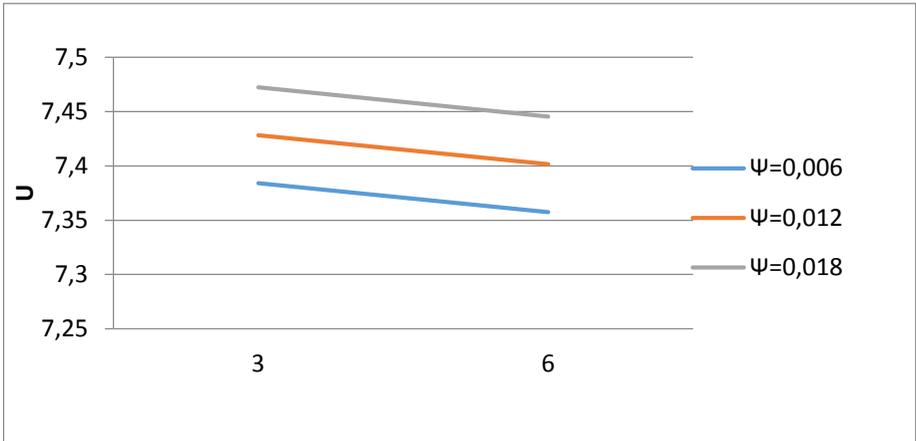


Рисунок 8. Напряжение ТП на подъеме при различных погодных условиях

Row	Column	Formula	Result (Column J)	
7	A	Спуск 3°	q	50
10	A	0,006	=SBS3*(SA10-SE54)	60
11	A	0,009	=SBS3*(SA11-SE54)	60
12	A	0,012	=SBS3*(SA12-SE54)	60
13	A	0,015	=SBS3*(SA13-SE54)	60
14	A	0,018	=SBS3*(SA14-SE54)	60
17	A	Спуск 3°	q	100
18	A	0,006	=SBS3*(SA19-SE54)	60
19	A	0,009	=SBS3*(SA20-SE54)	60
20	A	0,012	=SBS3*(SA21-SE54)	60
21	A	0,015	=SBS3*(SA22-SE54)	60
22	A	0,018	=SBS3*(SA23-SE54)	60
25	A	Спуск 3°	q	150
26	A	0,006	=SBS3*(SA28-SE54)	60
27	A	0,009	=SBS3*(SA29-SE54)	60
28	A	0,012	=SBS3*(SA30-SE54)	60
29	A	0,015	=SBS3*(SA31-SE54)	60
30	A	0,018	=SBS3*(SA32-SE54)	60
33	A	Спуск 6°	q	50
34	A	0,006	=SBS3*(SA37-SF54)	60
35	A	0,009	=SBS3*(SA38-SF54)	60
36	A	0,012	=SBS3*(SA39-SF54)	60
37	A	0,015	=SBS3*(SA40-SF54)	60
38	A	0,018	=SBS3*(SA41-SF54)	60
41	A	Спуск 6°	q	100

Рисунок 9. Расчет зависимости напряжения ТП в MS Excel

### Выводы

Проведенное сравнение интенсивности транспортного потока, полученное с помощью натурных наблюдений и с помощью

## Моделирование транспортных процессов

расчетов методом электро моделирования показало, что погрешность метода не превышает 10 %. Результаты исследования данного участка дороги при использовании этой математической модели, позволят внести предложения по улучшению организации дорожного движения.

### Требования к отчету

Отчет должен содержать:

1. Название лабораторной работы, Ф.И.О. студента, номер группы, название выбранного участка.
2. Цели и задачи работы
3. Исходные данные
4. Основные сведения: о методе решения, сведения о выбранном участке трассы и исходных данных натуральных измерений.
5. Последовательность и результаты расчетов.
6. Таблицы, графики, printscreen расчетов зависимостей основных транспортных характеристик от исходных данных.
7. Выводы.

### Контрольные вопросы

1. Суть метода электро моделирования .
2. Достоинства метода электро моделирования.
3. Работа с формулами и графиками в электронных таблицах.
4. Охарактеризовать изменения основных характеристик транспортных потоков в зависимости от погодных условий.

### Литература

1. Швецов В.И. Методы моделирования. //Автоматика и Телемеханика.-2003.№ 11.
2. Куценко С . В. Повышение эффективности организации движения на основе моделирования транспортных потоков : Дис. канд. техн. наук. Юго-Зап. гос. университет, Курск, 2012.
3. Гальченко Г.А., Дроздова О.Н., Мищенко Д.А. Применение метода электро моделирования к расчету основных характеристик транспортных потоков. //Материалы форума Безопасность, дорога, дети – 2015,стр.141-145.

