

*Розглянуті питання дії різних чинників на функціональний стан водія. Представлена математична модель впливу транспортного затору на функціональний стан водія*

*Ключові слова: функціональний стан, транспортний затор*

*Рассмотрены вопросы воздействия различных факторов на функциональное состояние водителя. Представлена математическая модель влияния транспортного затора на функциональное состояние водителя*

*Ключевые слова: функциональное состояние, транспортный затор*

*The considered questions of action of different factors are on the functional state of driver. The presented mathematical model of influence of transport congestion is on the functional state of driver*

*Keywords: the functional state, transport congestion*

# МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАТОРА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДИТЕЛЯ

**Н. У. Гюлев**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра транспортных систем и логистики  
Национальная академия городского хозяйства  
ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61002  
Контактный тел.: (057) 716-93-70  
E-mail: ngulev@mail.ru

## 1. Введение

Основной задачей транспортной системы любого города является своевременное и качественное оказание транспортных услуг. При этом важное значение имеет скорость движения и время, затрачиваемое на перевозку пассажиров и грузов с соблюдением безопасности движения (БД). Однако фактические показатели этих параметров часто превышают расчетные вследствие образования транспортных заторов.

## 2. Постановка проблемы

Транспортные заторы являются проблемой практически любого крупного города. Их образование связано с превышением интенсивности движения транспортного потока над пропускной способностью отдельных участков улично-дорожной сети. Отставание развития транспортной инфраструктуры города, высокая плотность транспортных потоков, особенно в утренние и вечерние периоды «пик», также способствуют возникновению транспортных заторов.

Отрицательное воздействие транспортных заторов заключается в ухудшении экологической обстановки города вследствие выброса токсических веществ, содержащихся в отработавших газах автомобилей, в атмосферу [1]. Превышение концентрации отравляющих веществ в воздухе свыше допустимой нормы отрицательно влияет на состоянии водителя и повышает вероятность возникновения дорожно-транспортного происшествия (ДТП). Пребывание в транспортном заторе приводит к ухудшению функционального состояния водителя (ФС). Происходит временное нарушение некоторых психофизиологических функций [2,3].

Все это свидетельствует о необходимости проведения исследований по оценке влияния транспортного затора на ФС водителя.

## 3. Анализ последних исследований и публикаций

Транспортные заторы возникают вследствие неравномерного и случайного распределения транспортных потоков по участкам улично-дорожной сети. От качества организации дорожного движения зависит эффективность функционирования транспортной системы города. Знания о закономерностях формирования транспортных потоков во многом способствуют снижению воздействий транспортных заторов на ФС водителей.

Вопросами формирования транспортных потоков, психофизиологическими особенностями водителей и организацией дорожного движения занималось много исследователей [1-15]. В работах [1,4,5,6,8,9,10,11] рассмотрены закономерности формирования транспортных потоков и организация дорожного движения. При этом проблема влияния транспортных заторов на ФС водителей изучена не в полном объеме. В работах [2,3,14,16] рассмотрены некоторые психофизиологические аспекты работы водителя. В работе [7] освещены вопросы повышения эффективности работы транспортной системы города. В работе [12] приведены результаты исследований изменения ФС водителей на участках дорожной сети и на остановочных пунктах маршрутного транспорта. Авторы работ [13,15] уделили особое внимание вопросам БД.

Однако проблема влияния транспортного затора на ФС водителя и изменения его психофизиологических характеристик исследованы не в полном объеме.

**4. Цель исследования**

Цель исследования состоит в разработке математической модели влияния транспортного затора на ФС водителя и оценке ее статистических характеристик.

**5. Основной материал**

Задача разработки математической модели влияния транспортного затора на ФС водителя заключается в правильном, обоснованном выборе объекта исследования и совокупности факторов, влияющих на поведение объекта. В качестве объекта в рамках настоящего исследования выступают все водители, участвующие в дорожном движении. Факторы, влияющие на результат исследования, должны быть тщательно отобраны.

Автор работы [17] при отборе факторов рекомендует придерживаться следующих условий:

1) перечень охватываемых изучением факторов необходимо обосновать теоретически;

2) перечень должен включать в себя важнейшие факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на изменение объекта;

3) перечень не следует делать слишком обширным, но должен описывать функцию по возможности во всех аспектах;

4) факторы не должны находиться между собой в функциональной связи, так как существование функциональной и близких к ней связей между факторами, показывают, что они характеризуют одну и ту же сторону изучаемого явления. Включать в модель из двух связанных нужно тот фактор, который оказывает в уравнение регрессии наибольший вклад;

5) требуется установить области определения факторов;

6) необходимо учитывать условия изменения факторов во времени.

В соответствии с этими рекомендациями при составлении математической были отобраны следующие факторы:

- 1) возраст водителя;
- 2) стаж работы водителя;
- 3) тип нервной системы;
- 4) число полос на дороге;
- 5) комфортабельность автомобиля;
- 6) длительность пребывания в транспортном заторе;
- 7) величина ФС водителя перед затором.

ФС водителя оценивалось путем математического анализа сердечного ритма водителя и определения показателя активности регуляторных систем (ПАРС) по методу профессора Баевского Р.М. [12,18,19,20].

ПАРС является интегральным показателем оценки ФС. Методика его расчета достаточно сложна. Расчеты производятся с помощью специальной программы на ЭВМ. При этом исходными данными для определения ПАРС являются расстояния между зубцами кардиоинтервалов электрокардиограммы. ПАРС определяется исходя из пяти функциональных систем: суммарного эффекта регуляции, функции автоматизма, вегетативного гомеостаза, устойчивости регуляции и активности подкорковых нервных центров. В зависимости от

величины ПАРС (в баллах) определяется, в каком состоянии находится человек: до 3 баллов - нормальное состояние, с 3 до 6 баллов - состояние напряжения, с 6 до 8 баллов - состояние перенапряжения [18,19].

Для составления математической модели влияния транспортного затора на ФС водителя была выбрана модель линейного вида. При разработке модели были использованы известные методы статистики и регрессионного анализа.

Разработанная модель имеет следующий вид:

$$P_k = 0,014V_v + 1,022H_c + 0,073T_3 + 0,319P_n,$$

где  $P_k$  – ПАРС при выходе из транспортного затора, баллы;

$V_v$  – возраст водителя, лет;

$H_c$  – тип нервной системы;

$T_3$  – длительность транспортного затора, мин;

$P_n$  – ПАРС при входе в транспортный затор, баллы.

Результаты расчетов параметров модели приведены в табл. 1 и 2.

**Таблица 1**

**Характеристика модели изменения ФС водителя в транспортном заторе**

Факторы	Обозначение, размерность	Границы изменений	Коэффициент	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента	
					расчетный	табличный
Возраст водителя	$V_v$ , лет	19-67	0,014	0,003	4,36	2,0
Тип нервной системы	$H_c$	1-3,5	1,022	0,04	25,64	2,0
Длительность транспортного затора	$T_3$ , мин	2-19	0,073	0,011	6,81	2,0
ПАРС при входе в транспортный затор	$P_n$ , баллы	2,2-5,8	0,319	0,033	9,65	2,0

**Таблица 2**

**Доверительные интервалы коэффициентов модели**

Факторы	Нижняя граница	Верхняя граница
Возраст водителя	0,008	0,021
Тип нервной системы	0,944	1,101
Длительность транспортного затора	0,052	0,095
ПАРС при входе в транспортный затор	0,254	0,384

Из табл. 1 и 2 видно, что в разработанной математической модели значимыми оказались только четыре фактора. Об их значимости свидетельствует превышение расчетного значения критерия Стьюдента на табличным и отсутствие нуля в доверительных интервалах коэффициентов модели.

Статистическая оценка разработанной модели представлена в табл. 3.

Таблица 3

## Результаты статистической оценки модели

Показатели	Значение
Критерий Фишера: расчетный	6943
Коэффициент множественной корреляции	0,99
Средняя ошибка аппроксимации, %	11,7

Превышение расчетного значения критерия Фишера над табличным, равным 1,36, свидетельствует о высокой информационной способности модели. Значение коэффициента множественной корреляции, равное 0,99, говорит о высокой тесноте связи между включенными в модель факторами и выходной функцией.

Адекватность разработанной математической модели оценивалась показателем средней ошибки аппроксимации, который равен 11,7%. В целом, эта ошибка

является допустимой. Однако при анализе экспериментальных данных было обнаружено, что в некоторых случаях значения ПАРС при выходе из транспортного затора оказались меньшими, чем значения ПАРС при входе в транспортный затор. Это свидетельствует о том, что у некоторых водителей, относящихся преимущественно к флегматикам, в транспортном заторе ФС не ухудшается. В связи с этим, после исключения таких данных из выборки, представляется возможным некоторое уточнение полученной модели.

**6. Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Проведенные исследования и составленная математическая модель свидетельствует об объективном и отрицательном влиянии транспортного затора на ФС водителя. В результате разработки регрессионной модели выявлены наиболее значимые факторы, влияющие на ФС водителя в транспортном заторе. Разработанная модель в целом правильно отражает влияние транспортного затора на ФС водителя. Дальнейшие исследования могут быть направлены на уточнение модели путем проведения кластерного анализа. Также дальнейшие исследования могут быть проведены с целью определения влияния ФС водителя после выхода из транспортного затора на БД.

## Литература

1. Хомяк, Я. В. Организация дорожного движения / Я. В. Хомяк. - К. : Вища школа, 1986. - 271 с.
2. Вайсман, А. И. Основные проблемы гигиены труда водительского состава автотранспорта : автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 03.12.02 / А. И. Вайсман ; - М., 1975. - 37 с.
3. Лобанов, Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е. М. Лобанов. — М.: Транспорт, 1980. - 311 с.
4. Клиновштейн, Г. И. Организация дорожного движения / Г. И. Клиновштейн, М. Б. Афанасьев. - М. : Транспорт, 2001. - 247 с.
5. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: справочник, пер. с англ. / В. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др. - М. : Транспорт, 1981. - 592 с.
6. Брайловский, Н. О. Моделирование транспортных систем / Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский. - М. : Транспорт, 1978. — 125 с.
7. Брайловский, Н. О. Проблемы повышения эффективности функционирования транспортных сетей городов : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10., 05.22.02 / Н. О. Брайловский ; [МАДИ] . - М., 1983. - 29 с.
8. Романов, А. Г. Дорожные условия в городах: закономерности и тенденции / А. Г. Романов. - М. : Транспорт, 1984. — 80 с.
9. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими : пер. с англ. - М. : Транспорт, 1972. - 423 с.
10. Дорожные условия и режимы движения автомобилей / В. Ф. Бабков, М. Б. Афанасьев, А. П. Васильев и др. - М. : Транспорт, 1967. - 227 с.
11. Хейт, Ф. Математическая теория транспортных потоков : пер. с англ. - М. : Мир, 1966. - 288 с.
12. Давідіч, Ю. О. Проектування автотранспортних технологічних процесів з урахуванням психофізіології водія / Ю. О. Давідіч. - Харків : ХНАДУ, 2006. - 292 с.
13. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В. Ф. Бабков. - М. : Транспорт, 1982. - 288 с.
14. Гаврилов, Э. В. Эргономика на автомобильном транспорте / Э. В. Гаврилов. - К. : Техника, 1976. - 152 с.
15. Коноплянко, В. И. Организация и безопасность дорожного движения / В. И. Коноплянко. - М.: Транспорт, 1991. - 183 с.
16. Мишурич, В. М. Психофизиологические основы труда водителей автомобилей : учеб. пособие / В. М. Мишурич, А. Н. Романов, Н. А. Игнатов. - М. : МАДИ, 1982. - 254 с.
17. Френкель, А. А. Многофакторные корреляционные модели производительности труда / А. А. Френкель. - М. : Экономика, 1966. - 96 с.
18. Баевский, Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. Н. Кириллов, С. З. Клецкин. - М. : Наука, 1984. - 222 с.
19. Космическая кардиология / В. В. Парин, Р. М. Баевский, Ю. Н. Волков, О. Г. Газенко. - Ленинград : Медицина, 1967. - 206 с.
20. Гюлев, Н. У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом влияния человеческого фактора : дисс. ... канд. техн. наук / Н. У. Гюлев. - Харьков, 1993. - 139 с.