

*На правах рукописи*



**Мартынова Екатерина Сергеевна**

**ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ  
ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ  
ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ**

Специальность 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Орел – 2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

**Научный руководитель:** **Гусев Сергей Александрович,**  
доктор экономических наук, доцент

**Официальные оппоненты:** **Ефименко Дмитрий Борисович,**  
доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Правовое и таможенное регулирование на транспорте» ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва

**Шевцова Анастасия Геннадьевна,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород

**Ведущая организация:** ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург

Защита состоится **«28» февраля 2019 г. в 12-00 часов** на заседании объединенного диссертационного совета Д 999.111.03 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук на базе ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» по адресу: **302030, г. Орел, ул. Московская, д. 77.**

С диссертацией можно ознакомиться на официальном сайте (<http://oreluniver.ru/>) ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева» и в Фундаментальной библиотеке университета.

Автореферат разослан **« \_\_\_\_\_ » декабря 2018 г.** Объявление о защите диссертации и автореферат диссертации размещены в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (<http://www.oreluniver.ru>) и на официальном сайте Министерства образования и науки Российской Федерации (<http://vak.ed.gov.ru/>).

*Отзывы на автореферат, заверенные печатью организации, направлять в диссертационный совет по адресу: 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95.*

*Телефон для справок +7(920)801-97-18. E-mail: bar20062@yandex.ru.*

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
Д 999.111.03



Ю.Н. Баранов

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В России на начало 2017 года в 1100 городах было сосредоточено более 108 млн. человек, что соответствует 74,2% населения РФ. Насчитывается от 25 до 50 крупных городских агломераций. В них проживают 66,6 млн человек или 65,5% городского населения, или 45,1% от общей численности населения страны. Доля агломераций в объеме ВВП составляет сегодня 51,7 %, а к 2020 году прогнозируется увеличение до 56,6%. Современные тенденции изменения городской среды сопровождаются целым комплексом противоречий, включая территориальные, экономические, экологические, социальные и другие проблемы. Направленность на укрупнение города и сосредоточение в нем центров культурной и общественной жизни одновременно концентрирует в себе и сложности с мобильностью населения. Возникающие вопросы с транспортной доступностью становятся жизненно важными составляющими и выходят на первый план в организации работы практически любого муниципального хозяйства. Желание свободно, быстро и удобно перемещаться – это уже не необходимость, а форма взаимодействия муниципальной власти и каждого жителя города, что в условиях современного развития городской среды и ее трактовки как «среды без границ и открытого неба» лишь подчеркивает значимость и важность вопросов транспортного обслуживания.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о необходимости поиска эффективных решений в управлении транспортными потоками (ТП) города, исследованию особенностей и закономерностей их функционирования, а также разработки и внедрения в практику управления моделей, адекватно учитывающих сложившиеся условия и перспективы развития автотранспортной отрасли.

Учитывая вышеизложенное, можно говорить об актуальности темы диссертационного исследования.

### **Степень разработанности темы исследования**

Наибольший вклад в исследование проблем оценки эффективности организации дорожного движения внесли следующие отечественные и зарубежные ученые:

– классическая теория транспортной науки на основе моделирования транспортных потоков – В.М. Визгалов, А.В. Гасников, В.Д. Геррами, А.Э. Горев, В.А. Гудков, Д. Дрю, В.В. Зырянов, Г.И. Клинковштейн, В.А. Корчагин, В.Г. Кочерга, А.Н. Красников, Е.М. Лобанов, Л.Б. Миротин, Н.А. Наумова, Ю.А. Попов, С.М. Резер, Ю.Н. Ризаева, В.Г. Санков, В.В. Сильянов, А.И. Солодкий, В.В. Столяров, И.В. Спириин, А.В. Шабанов, Якимов М.Р., В. Kerner, R. Herman, F. Haight;

– исследование теории и методологии построения интеллектуальных транспортных систем – С.В. Жанказиев, А.А. Кизим, П.В. Куренков, П. Пржибл;

– исследование теории построения нечетких экспертных систем,

генетических алгоритмов и оптоэлектронных систем в оценке качества состояния автодорожного комплекса – В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, С.М. Ковалев, Д. А. Скоробогатченко;

– использование технологий спутниковой навигации и геоинформатики – В.Н. Богумил, В.М. Власов, Д.Б. Ефименко, В.М. Маркелов, В.Я. Цветков.

Анализ российских и зарубежных работ по проблематике диссертации выявил недостаточную степень разработанности темы исследования.

**Целью исследования** является усовершенствование способа оценки уровней обслуживания движения транспортных потоков.

Для достижения поставленной цели в данной работе были поставлены и решены следующие **основные задачи**:

– провести анализ теоретических и научно-практических подходов к оценке эксплуатационной эффективности транспортных потоков и выявить перспективные направления в обеспечении безопасности дорожного движения (БДД);

– обосновать необходимость поиска альтернативных вариантов оценки уровней обслуживания движения транспортных потоков, в связи с изменением их качественных и количественных характеристик и сохранения пропускной способности улично-дорожной сети (УДС);

– сформировать информационную базу показателей БДД УДС для оценки уровней обслуживания движения транспортных потоков на примере г. Саратова;

– обосновать использование нечетких экспертных систем и на их основе предложить усовершенствованный способ оценки уровней обслуживания движения транспортных потоков;

– разработать научно-практические рекомендации к построению прогнозных моделей показателей, характеризующих БДД с использованием систем искусственного интеллекта;

– выполнить апробацию усовершенствованного способа оценки и рассчитать экономический эффект.

**Объект исследования:** улично-дорожная сеть города и транспортные потоки.

**Предмет исследования:** процесс оценки обслуживания движения транспортных потоков.

**Рабочая гипотеза,** заложенная в основу диссертационного исследования, связана с предположением о необходимости развития теоретической и методической базы комплексной оценки эксплуатационного состояния ТП и формирования структурно-функциональной схемы управления БДД на УДС города, на основе разработки общей модели дискретного ТП, как совокупности взаимосвязанных и взаимозависимых единиц ТП в изменяющихся режимах регулирования, сочетая количественные и сложноформализуемые качественные показатели объектов исследуемой системы.

**Научная новизна** состоит в:

- получении экспериментальных зависимостей скорости информационного взаимодействия участников дорожного движения от интенсивности и плотности движения при усовершенствовании структурно-функциональной схемы управления транспортными потоками путем включения блока системы адаптивного управления дорожным движением (САУДД);

- получении зависимости, позволяющей находить величину фактического уровня обслуживания движения на улично-дорожной сети (УДС) города на основе усовершенствования способа оценки уровней обслуживания движения транспортных потоков на УДС города с использованием нечетких экспертных систем;

- в разработке прогнозных моделей динамики транспортных потоков с использованием систем искусственного интеллекта с расчетом перспективных показателей интенсивности транспортных потоков.

**Теоретическая и практическая значимость** выражается:

- в адаптации структуры управления дорожным движением (УДД) города за счет использования информационно-коммуникативных технологий, технических и технологических решений на объектах транспорта, а также усовершенствованной имитационной модели Видемана, описывающей динамику ТП. Данная система позволит использовать возможности имеющейся УДС и обеспечить заданный уровень БДД.

- в усовершенствовании способов оценки уровней обслуживания движения транспортных потоков крупного города.

**Методы исследований.** Для решения поставленных в диссертационной работе задач в процессе теоретических исследований использовались методы, включающие: теории транспортных потоков, методы математического моделирования, теории вероятности и математической статистики.

**На защиту выносятся следующие положения:**

1. Усовершенствованная структурно-функциональная схема управления дорожным движением крупного города.

2. Усовершенствованная модель Видемана для определения динамических характеристик состояния транспортного потока при формировании информационной базы показателей БДД на УДС.

3. Усовершенствованный способ оценки уровней обслуживания движения транспортных потоков на УДС города с использованием нечетких экспертных систем.

4. Научно-практические рекомендации к построению прогнозных моделей показателей, характеризующих БДД с использованием систем искусственного интеллекта.

5. Рекомендации по внедрению предложенного способа оценки уровней обслуживания движения транспортных потоков.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на 8 конференциях: II Международной научной конференции «Европейские прикладные науки: современные подходы в научных исследованиях» (Штутгарт, Германия, 2013); I Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок и безопасности движения» (Саратов, 2013); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы транспорта и безопасности движения» (Саратов, 2014); IV Международной научно-практической конференции «Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса» (Новокузнецк, 2014); Международной заочной научно-технической конференции «Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств» (Пенза, 2015); II Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы транспорта в современных условиях» (Саратов 2015); 3-й Международной научной конференции студентов и молодых учёных «Актуальные вопросы транспорта в современных условиях» (Саратов 2016); 75-й научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ (Москва, 2017).

**Соответствие диссертационной работы паспорту специальности.** Выполненные исследования отвечают паспорту научной специальности 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта» по пункту 7 «Исследования в области безопасности движения с учетом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей; проведение дорожно-транспортной экспертизы».

#### **Реализация результатов работы**

Результаты и рекомендации апробированы в условиях городской территории г. Саратова и рекомендованы к внедрению в работе сервисного отдела ГКУ СО «Региональный навигационно-информационный центр». Отдельные положения диссертации используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» в рамках дисциплин: «Моделирование дорожным движением», «Организация транспортных услуг и безопасность транспортного процесса».

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 23 печатные работы. Из них 5 работ опубликованы в изданиях, определённых в перечне ведущих рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, получено 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ – № 2014613211 от 19.03.2014, издано 1 учебное пособие.

**Структура и объемы работы.** Диссертация состоит из четырех разделов, основных выводов, заключения, списка использованных источников из 220 наименований; изложена на 132 страницах машинописного текста, содержит 51 рисунок, 18 таблиц. Приложения включают 8 наименований и изложены на 71 странице.

## II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы исследования, определены цели и задачи исследования, раскрыты научная новизна, практическая ценность и основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу состояния вопроса, постановке задач исследования. Состояние и тенденции развития автотранспортной отрасли в настоящее время характеризуются положительной динамикой числа транспортных средств (ТС) и, как следствие, интенсификацией транспортного спроса УДС города, что отрицательно сказывается на уровне БДД. Разработанные методические положения в управлении ТП нуждаются в поиске альтернативных моделей, связанных с усилением интеллектуальной составляющей в организации и УДД. В процессе исследования предложена усовершенствованная системы УДД на УДС города в виде структурно-функциональной схемы, представленной на рисунке 1.



Рисунок 1 – Предлагаемая структурно-функциональная схема управления дорожным движением крупного города

Обоснованием включения блока САУДД в структурно-функциональную

схему управления дорожным движением крупного города является постоянно возрастающая необходимость повышения пропускной способности УДС и повышения БДД. Наполнение САУДД определяется степенью развития информационно-коммуникативных технологий, технических и технологических решений, применимых для организации и управления дорожным движением на УДС города.

Согласно исследованиям к одному из самых значимых показателей относится скорость движения. Именно с управлением скоростным режимом движения ТС связаны практически все подходы в оценке мероприятий по БДД участников дорожного движения. Представленные модели направлены на исследование характера взаимодействия и получения адекватных и точных оценок эксплуатационного состояния ТП. Основные эксплуатационные параметры ТП с точки зрения возможности их использования для построения микромоделей в литературе определяются разными подходами, в том числе аналитикой модели Танака и общей моделью разумного водителя Трайбера, объединяющей идеи модели следования за лидером Видемана и расчета оптимальной скорости ТС. Как правило, классическое восприятие динамических характеристик ТП связано со скоростными параметрами транспортных средств, и динамические габариты исследовались ранее с позиции ширины транспортного средства.

Следуя траектории и логике исследования, предлагается усовершенствованная имитационная модель Видемана (1):

$$\frac{dv}{dt} = \alpha \left[ 1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^\delta - \left(\frac{s_0 + \max\left[0, \left(vT + \frac{v\Delta v}{2vab}\right)\right]}{\frac{v}{3,6} + \frac{v^2 K}{254(\varphi + i)} + I_0 + I_2}\right)^2 \right], \text{ м/с}^2 \quad (1)$$

где  $v_0$  – желаемая скорость, км/ч;

$s_0$  – минимальное расстояние между автомобилями, которое сохраняется даже в пробке, м;

$T$  – время движения с данной скоростью до столкновения с предыдущим автомобилем, ч;

$a$  – ускорение, м/с<sup>2</sup>;

$b$  – «комфортное» ускорение торможения, м/с<sup>2</sup>;

$I_2 = 5$  - расстояние между остановившимися автомобилями, м;

$K = 1,2$  – коэффициент эксплуатационного состояния тормозов;

$\varphi = 0,5$  – коэффициент сцепления;

$I_0 = 0$  – продольный уклон, м.

Расчетная длина принимается равной 4-6 м для легковых автомобилей; 6-10 м – для грузовых; 7-10 м – автобусов; 9-10 м – троллейбусов.

Усовершенствованная модель Видемана устраняет данные противоречия не только с точки зрения терминологии, но и с точки зрения практического использования. Скоростные параметры транспортного потока, представленные в формуле (1), включают соотношения желаемых и

реальных скоростей движения, что показывает отклик и уровень взаимодействия в потоке. Развивая положения Видемана, мы решаем задачу об учете не только скорости и величины перемещения транспортного средства, но и учете других характеристик, влияющих на них. Расчеты с использованием приведенных зависимостей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет показателей ТП по моделям Танака и Видемана (с 06-00 по 20-00)

Время	Интенсивность движения, авто/час	Коэффициент загрузки движением, z	Расчет показателей функционирования транспортного потока с использованием модели Танака			Расчет показателей функционирования транспортного потока с использованием модели Видемана		
			дистанция видимости, d м	скорость, км/ч, vZ	плотность, авт/км	ускорение торможения	дистанция видимости, d м	плотность, авт/км
1	2	3	4	5	6	7	8	9
06:00-07:00	1213	0,43	21,9	22,7	46	0,4	22,1	45
07:00-08:00	2991	1,06	17,5	15,9	57	0,7	17,9	56
08:00-09:00	3111	1,10	17,8	16,4	56	0,7	18,2	55
09:00-10:00	2978	1,06	18,0	16,7	56	0,7	18,4	54
10:00-11:00	2400	0,85	19,5	19,1	51	0,6	19,8	50
11:00-12:00	1964	0,70	24,7	26,5	40	0,2	24,8	40
12:00-13:00	2391	0,85	18,6	17,8	54	0,6	19,0	53
13:00-14:00	1765	0,63	26,6	28,9	38	0,0	26,6	38
14:00-15:00	1215	0,43	33,6	36,7	30	-0,5	33,2	30
15:00-16:00	1804	0,64	26,4	28,6	38	0,0	26,4	38
16:00-17:00	2098	0,74	28,0	30,6	36	-0,1	28,0	36
17:00-18:00	3183	1,13	18,5	17,5	54	0,6	18,9	53
18:00-19:00	2891	1,02	18,6	17,7	54	0,6	19,0	53
19:00-20:00	1203	0,43	26,2	28,4	38	0,0	26,2	38

По результатам таблицы можно сделать вывод о том, что применение усовершенствованной модели Видемана позволяет получать достоверные данные о состоянии ТП, использовать их в оценке уровней обслуживания движения и разработке мероприятий по повышению БДД.

Использование предложенных подходов, а именно построения моделей следования за лидером предполагает учет динамики системы материальных точек может иметь форму имитационного моделирования. Выбор микромоделей связан с идеей разработки общей модели дискретного ТП как совокупности взаимосвязанных и взаимозависимых единиц ТП в изменяющихся режимах регулирования.

**Во второй главе** рассмотрены вопросы формирования информационной базы показателей БДД, характеризующих состояние ТП во времени и пространстве с учетом параметров УДС. Экспериментальное исследование было проведено путем замера входящих и выходящих ТП для УДС г. Саратова на улицах 50 лет Октября, Новоастраханское шоссе, Политехническая, Усть - Курдюмское шоссе, пр. Энтузиастов,

пр.Московское шоссе, ул. Чернышевского Н.Г. (рисунок 2).

С целью определения возникновения заторовых ситуаций было выполнено исследование ТП на 21 участке УДС города Саратова с детализированным подходом по сбору показателей количества ТС, режимов светофорного регулирования, геометрических параметров дороги (количество полос, схема перекрестка, а также погодно-климатических условий, состояния проезжей части, интенсивности движения на УДС).

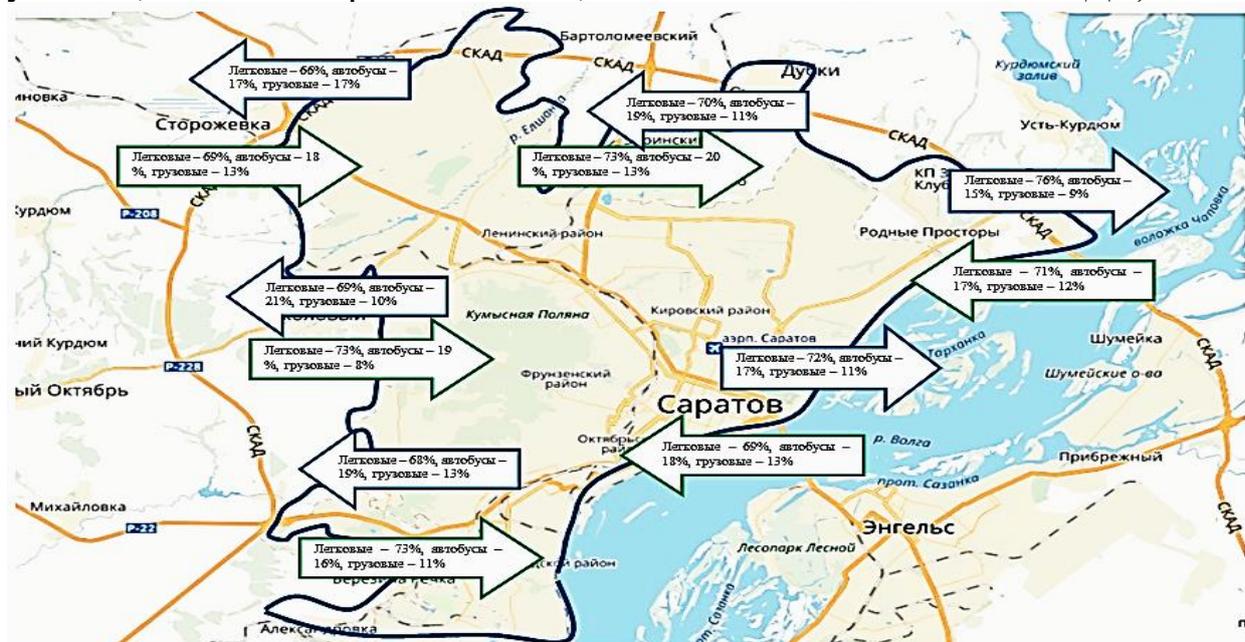


Рисунок 2 – Характеристики входящих и выходящих ТП г. Саратова

В диссертационном исследовании подробно проанализирован центральный планировочный район г. Саратова, а именно ул. Чернышевского на всем ее протяжении (рисунок 3).

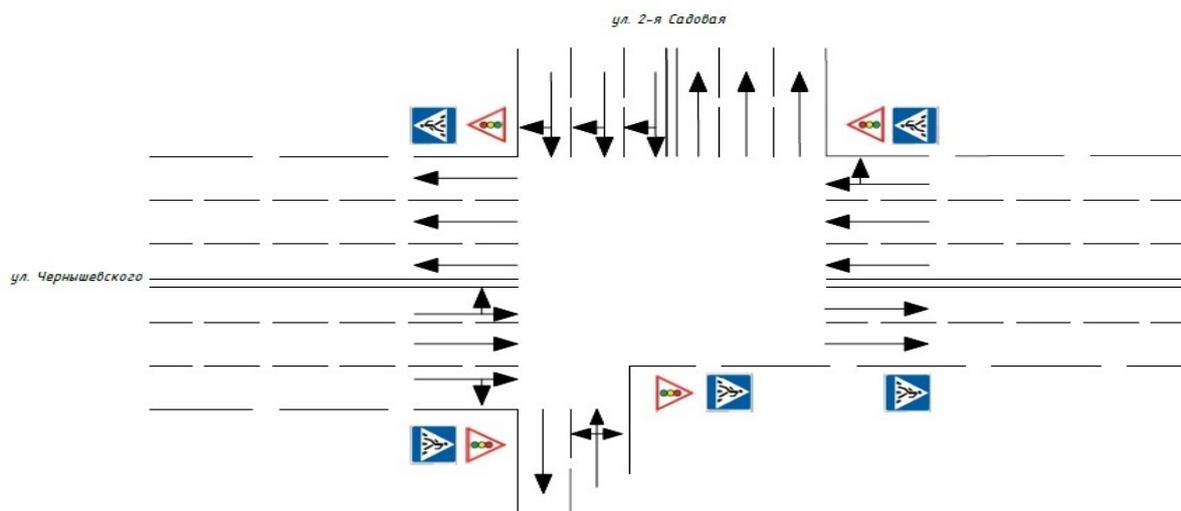


Рисунок 3 – Перекресток ул. Чернышевского – ул. 2-я Садовая, г. Саратов

По результатам экспериментальных исследований были выявлены пиковые интервалы. Первый пик – с 07:00 до 10:00, второй пик – с 12:00 до 13:00, третий пик – с 17:00 до 19:00 (рисунок 4).

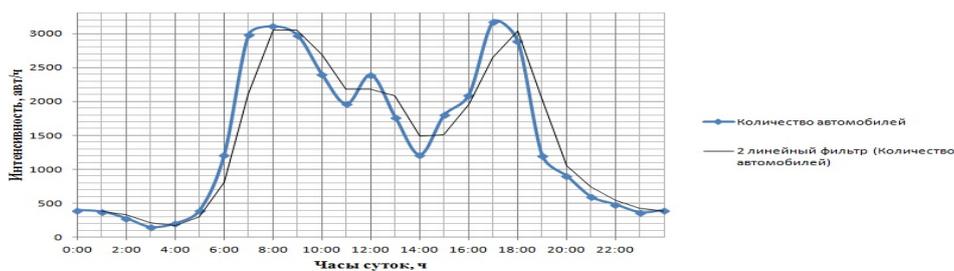


Рисунок 4 – График изменения интенсивности транспортного потока по часам суток ул. Н.Г. Чернышевского (участок Дегтярная - 2-я Садовая)

На примере одного из рассмотренных перекрестков в пересечении улицы Чернышевского с улицей 2-я Садовая интенсивность движения в течение суток меняется неравномерно (рисунок 5). Характер ее изменения в течение суток зависит от дня недели, кроме выходных (субботы и воскресенья). Наблюдаются два пика интенсивности движения: утром (7-10 ч) и вечером (17-19 ч).

Наблюдаемые изменения интенсивности движения в течение недели на улице Чернышевского в пересечении со 2-й Садовой показывают, что наибольшая ее величина приходится на пятницу и составляет 17,9% от суммарной величины интенсивности за неделю (рисунок 6).

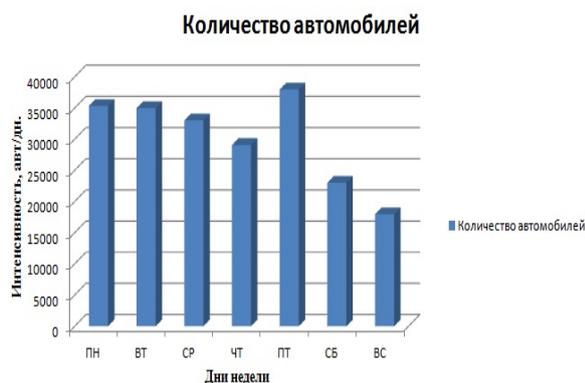


Рисунок 5 – изменения интенсивности движения на улице Чернышевского (участок Дегтярная - 2-я Садовая) в течение недели

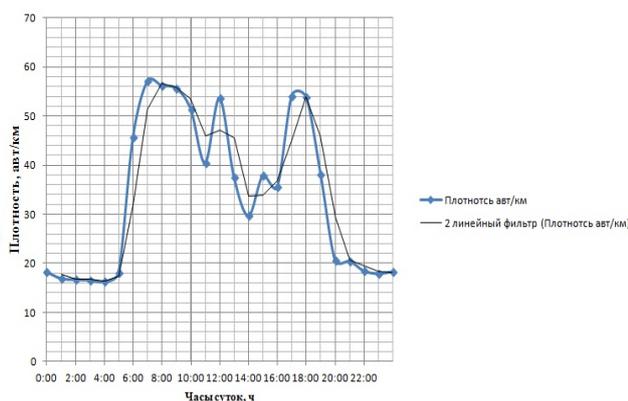


Рисунок 6 – График изменения плотности транспортного потока по часам суток ул. Н.Г. Чернышевского (участок Дегтярная - 2-я Садовая)

На примере плотности транспортного потока можно проследить случайный характер их изменения во времени в одном сечении дороги. Данный показатель существенно зависит от соотношения интенсивности движения (рисунок 7).

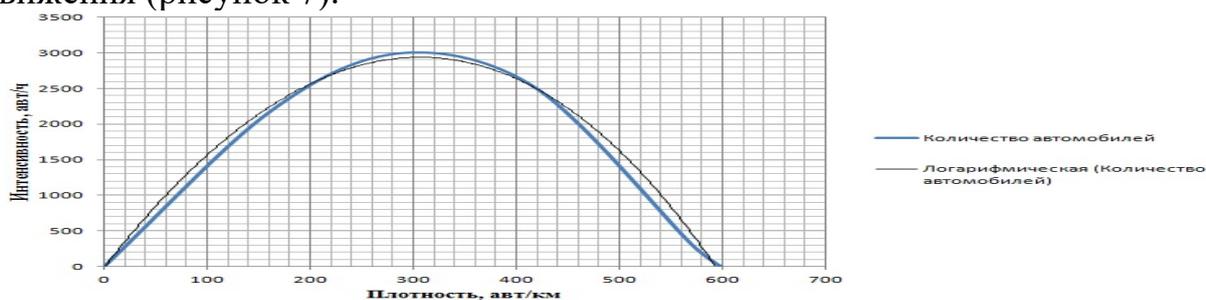


Рисунок 7 – График зависимости интенсивности транспортного потока от плотности

На существование различных состояний потока автомобилей также оказывает влияние зависимость «скорость – плотность». На рисунке 8 представлена зависимость плотности транспортного потока от скорости его движения.

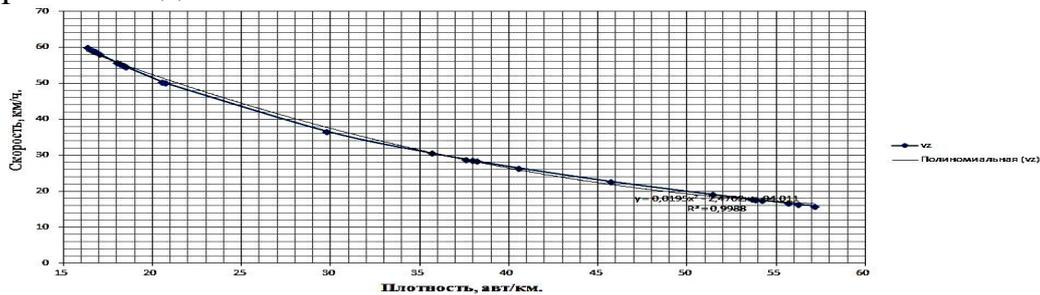


Рисунок 8 – График зависимости скорости от плотности транспортного потока по ул. Н.Г. Чернышевского (участок Дегтярная - 2-я Садовая)

Растущую потребность в улучшении условий передвижения нельзя полностью удовлетворить (ни внутри населенных пунктов, ни за их пределами) только лишь созданием новых схем движения ТП и маршрутов подвижного состава. Исследуя величину ТП на конкретном участке УДС, проводя анализ и оценку его состояния, становится возможной разработка мероприятий по повышению БДД.

**В третьей главе** представлен усовершенствованный способ оценки уровней обслуживания движения на основе нечетких экспертных систем.

Реализация нечеткого вывода произведена по алгоритму Мамдани как наиболее простого и универсального с точки зрения практического применения (рисунок 9).

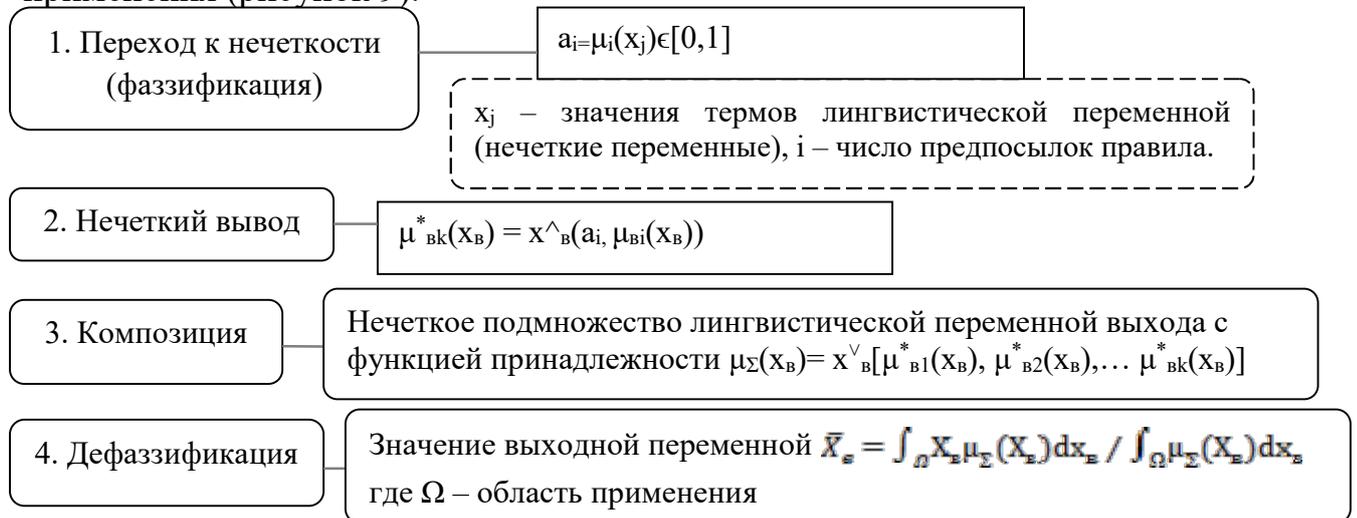


Рисунок 9 – Схема реализации работы системы нечеткого вывода (СНВ)

Оценивать уровни обслуживания движения транспортного потока предлагается по двум разработанным автором нечетким экспертным системам.

Первый вариант предполагает построение функций принадлежности для трех коэффициентов (коэффициент загрузки движением, коэффициент насыщения движением и коэффициент скорости движения) и выходной переменной – уровень обслуживания движения.

Второй вариант предполагает построение функций принадлежности для 10 показателей, включая три коэффициента (коэффициент сцепления шин автомобиля с дорогой, техническая скорость, осадки, температура воздуха, время реакции, время адаптации в светлое время суток, время адаптации в темное время суток) и выходной переменной – уровень обслуживания движения (таблица 2).

Таблица 2 – Построенные функции принадлежности входных и выходных лингвистических переменных

Первый вариант	
Входная ЛП	Вид функции принадлежности
1	2
Коэффициент загрузки движением	
Коэффициент скорости движения	
Коэффициент насыщения движением	
Первый вариант	
Уровень обслуживания движения	
Значение	0,7
Второй вариант	
Уровень обслуживания движения	
Значение	0,9

Таким образом, второй вариант, расширяющий спектр анализируемых показателей БДД, более полно позволяет оценивать уровни обслуживания движения (таблица 3).

Таблица 3 – Сравнительный анализ существующих подходов

### к оценке уровней обслуживания движения

Время	Оценка уровней удобства движения (Сильянов В.В.)	Оценка уровней обслуживания движения (используемая в США)	Методика оценки уровней обслуживания движения, предложенная автором
1	2	3	4
00:00-01:00	A	A	A-b (A-б)
01:00-02:00	A	A	A-b (A-б)
02:00-03:00	A	A	A-b (A-б)
03:00-04:00	A	A	A-a (A-a)
04:00-05:00	A	A	A-a (A-a)
05:00-06:00	A	A	A-b (A-б)
06:00-07:00	Б	В	В (Б)
07:00-08:00	Г-б	F	F (Г-б)
08:00-09:00	Г-б	F	F (Г-б)
09:00-10:00	Г-б	F	F (Г-б)
10:00-11:00	Г-a	D	D (Г-a)
11:00-12:00	Г-a	D	D (Г-a)
12:00-13:00	Г-a	D	D (Г-a)
13:00-14:00	В	С	С (В)
14:00-15:00	Б	В	В (Б)
15:00-16:00	В	С	С (В)
16:00-17:00	Г-a	D	D (Г-a)
17:00-18:00	Г-б	F	F (Г-б)
18:00-19:00	Г-б	F	F (Г-б)
19:00-20:00	Б	В	В (Б)
20:00-21:00	Б	В	В (Б)
21:00-22:00	Б	В	В (Б)
22:00-23:00	A	A	A-b (A-б)
23:00-24:00	A	A	A-b (A-б)

Путем ввода значений входных переменных, возможно, моделировать процесс оценки и разрабатывать мероприятия по повышению уровня БДД.

**В четвертой главе** представлены научно-практические рекомендации по построению прогнозных моделей показателей БДД УДС с использованием систем искусственного интеллекта (рисунок 10).

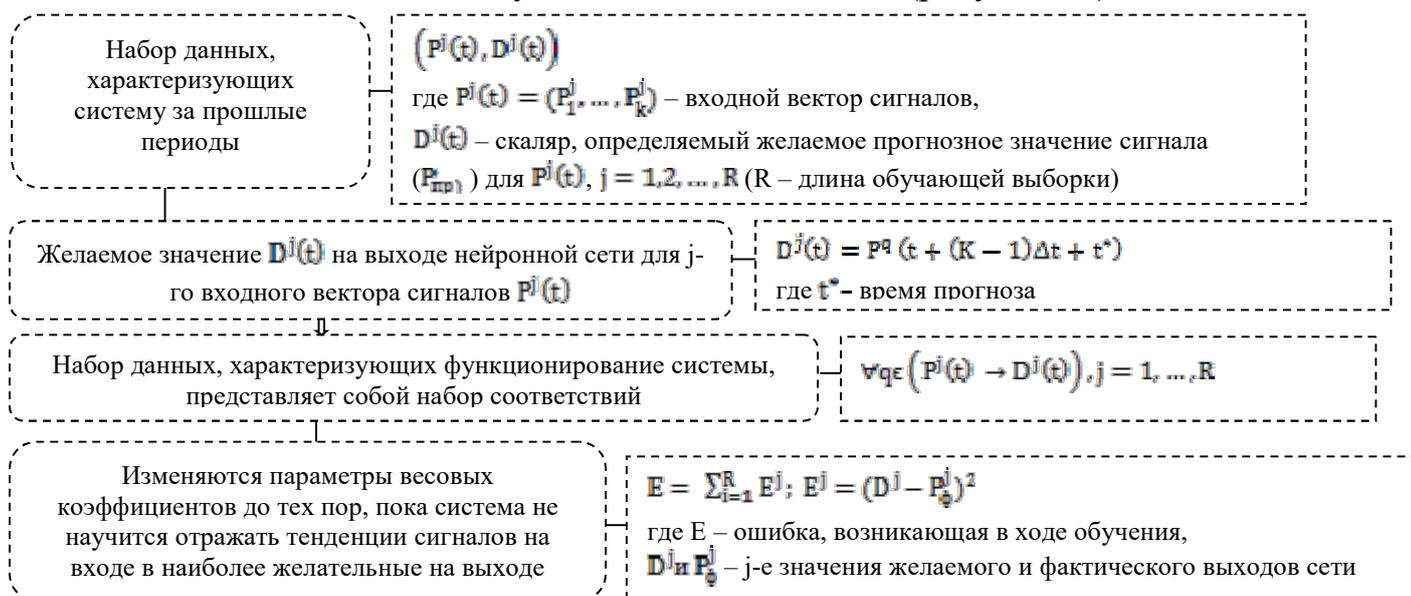


Рисунок 10 – Последовательность построения прогнознй модели

Адаптация искусственной нейронной сети (ИНС) заключается в подборе модели к данным, описывающим выборку значений, характеризующих БДД на УДС города. В ходе проведения адаптации происходит настройка весовых коэффициентов, так, чтобы заданные значения были как можно ближе к заданным образам пары, являющейся обучающей. Одним из методов адаптации ИНС является подход, реализуемый при помощи алгоритма обратного распространения ошибки, основанного на методе градиентного спуска.

Интерфейс разработанной программы по реализации искусственной нейронной сети, применяемой для построения прогноза, представлен на рисунке 11.

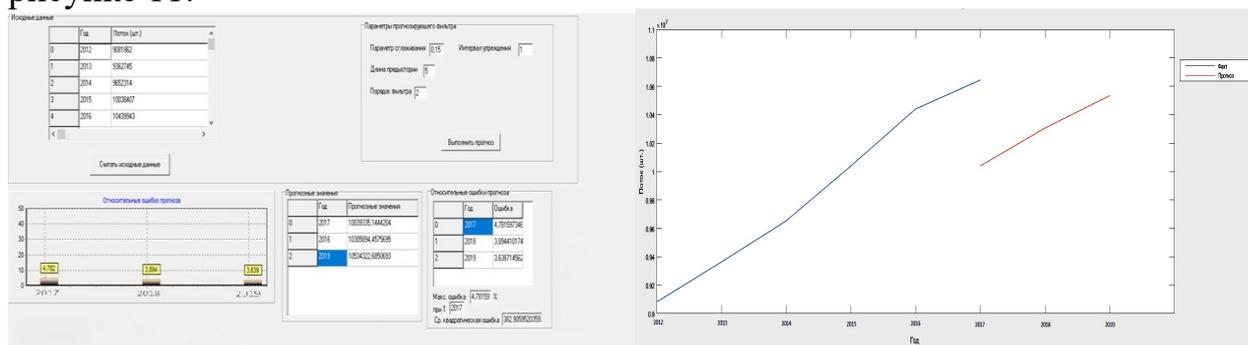


Рисунок 11 - Прогноз транспортного потока по ул. Чернышевского г. Саратова на 2017-2019 гг.

На основе исследований разработаны рекомендации по практическому использованию предлагаемой методики оценки уровней обслуживания движения для Регионального навигационно-информационного центра Саратовской области (таблица 4).

Таблица 4 – Рекомендации по практическому использованию предлагаемого усовершенствованного способа оценки уровней обслуживания движения для Регионального навигационно-информационного центра Саратовской области

1	2	3	4
А-а	Свободное движение	Аналитический отдел	Сбор статистических данных: количество ТС в ТП, скорость ТС – часовое значение, интенсивность – часовое значение, тип ТС.
		Диспетчер	Мониторинг данных.
А-б	Движение автомобилей в свободных условиях	Аналитический отдел	Сбор статистических данных: количество ТС в ТП, скорость ТС – часовое значение, интенсивность – часовое значение, тип ТС.
		Диспетчер	Мониторинг данных, анализ ситуации.
В	Движение автомобилей происходит группами, совершается много обгонов	Аналитический отдел	Сбор статистических данных: количество ТС в ТП, скорость ТС – часовое значение, интенсивность – часовое значение, тип ТС, сравнение предыдущих значений.
		Диспетчер	Мониторинг данных, разработка корректирующих мероприятий.

1	2	3	4
С	В потоке еще существуют большие интервалы между автомобилями, обгоны затруднены	Аналитический отдел	Сбор статистических данных: количество ТС в ТП, скорость ТС – часовое значение, интенсивность – часовое значение, тип ТС, сравнение предыдущих значений, разработка мероприятий, позволяющих избежать ухудшения развития затора ТП.
		Диспетчер	Мониторинг данных, разработка корректирующих мероприятий, донесение информации о ТП вышестоящему руководству.
D	Сплошной поток автомобилей, движущихся с малыми скоростями	Аналитический отдел	Сбор статистических данных: количество ТС в ТП, скорость ТС – часовое значение, интенсивность – часовое значение, тип ТС, сравнение предыдущих значений, разработка мероприятий, позволяющих избежать ухудшения развития затора ТП, составление маршрутов движения (поиск лучшего пути)
		Диспетчер	Мониторинг данных, разработка корректирующих мероприятий, донесение информации о ТП вышестоящему руководству.
E	Поток движется с остановками, возникают заторы	Аналитический отдел	Сбор статистических данных: количество ТС в ТП, скорость ТС – часовое значение, интенсивность – часовое значение, тип ТС, сравнение предыдущих значений, разработка мероприятий, позволяющих избежать ухудшения развития затора ТП, составление маршрутов движения (поиск лучшего пути)
		Диспетчер	Мониторинг данных, разработка корректирующих мероприятий, получение данных от аварийных служб города о возникших преградах, донесение информации о ТП вышестоящему руководству.
F	Полная остановка движения, заторы	Аналитический отдел	Сбор статистических данных: количество ТС в ТП, скорость ТС – 5 минутное значение, интенсивность – 5 минутное значение, тип ТС, интенсивное внедрение мероприятий позволяющих избежать дальнейшего ухудшения развития затора ТП, составление маршрутов движения (поиск лучшего пути)
		Диспетчер	Мониторинг данных, разработка корректирующих мероприятий, получение данных от аварийных служб города о возникших преградах, донесение информации о ТП вышестоящему руководству.

Проведен расчет экономического эффекта от реализации предложенных мероприятий. Экономия денежных средств от осуществления предложенного проекта основана на сокращении потерь, возникших вследствие простоев подвижного состава в дорожных заторах для транспортных средств. Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчета экономической эффективности

Перекресток	Величина расходов владельцев транспортных средств при прохождении участка, рублей	
	до внедрения	после внедрения
1	2	3
ул. Чернышевского – ул. 2-я Садовая	<b>40192792</b>	39082222
ул. Чернышевского – ул. Дегтярная	<b>35022765</b>	34904001
ул. Чернышевского – 3-й Дегтярный проезд	41193442	40147308

Таким образом, экономический эффект от предложенных мероприятий составит 2275468,9 руб.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационном исследовании решена научно-практическая задача по усовершенствованию способов оценки уровней обслуживания движения транспортных потоков для повышения уровня БДД на УДС города, выраженная в следующих научных и практических результатах:

1. Усовершенствована структурно-функциональная схема управления БДД крупного города путем включения блока САУДД и его наполнением элементами локального адаптивного управления наиболее сложными и важными пересечениями и участками УДС, позволяющая повысить скорость информационного взаимодействия участников дорожного движения и использовать потенциальные возможности имеющейся УДС;

2. Сформирована информационная база для оценки уровней обслуживания движения транспортных потоков с использованием усовершенствованной модели Видемана для определения динамических характеристик ТП, позволяющая более точно (на 4,1%) оценивать значения интенсивности и плотности движения.

3. Обоснована необходимость использования нечетких экспертных систем для оценки функционирования транспортных потоков на улично-дорожной сети города, как инструментария, позволяющего объединять в процессе оценки качественные и количественные характеристики транспортного потока, что позволит повысить пропускную способность УДС на 5,3%.

4. Усовершенствован способ оценки уровней обслуживания движения транспортных потоков на УДС города с использованием нечетких экспертных систем, построены функции принадлежности и определены зависимости, позволяющие находить величину фактического уровня обслуживания движения на УДС города, что позволяет повысить эксплуатационную скорость ТП на 8-10%.

5. Разработаны научно-практические рекомендации к построению прогнозных моделей показателей БДД с использованием систем искусственного интеллекта с расчетом перспективных показателей интенсивности транспортных потоков, позволившие сократить время простоя автотранспортных средств на УДС города на 5-6% за счет заблаговременного планирования и оперативного управления АСУД города.

6. Проведена апробация и выработан перечень рекомендаций для РНИЦ Саратовской области по работе с предложенной системой оценки. Полученные данные внесены в перспективный план развития транспортной системы г. Саратова на 2017-2019 гг. Экономический эффект от предложенных мероприятий составит 2275468,9 рублей.

## ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

**а) публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов для опубликования основных научных результатов диссертаций:**

1. **Мартынова, Е.С.** Интеллектуальные потоки организационно-технического обеспечения сертификации в логистических системах [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев, И.А. Борисов // Научное обозрение. – 2013. – № 11. – С. 309-313.

2. **Мартынова, Е.С.** Современные подходы в проектировании систем управления дорожным движением на УДС города [Текст] / Е.С. Мартынова // Научное обозрение. – 2014. - С. 65-68.

3. **Мартынова, Е.С.** К вопросу об анализе методов управления автотранспортными потоками на улично-дорожной сети города [Текст] / Е.С. Мартынова // Научное обозрение. – 2015. - С. 197-202.

4. **Мартынова, Е.С.** Информатизация и интеллектуализация процессов управления транспортно-логистическими системами [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев, В.С. Маросин // Научное обозрение. – 2017. – № 3. – С. 59-62 с.

5. **Мартынова, Е. С.** Функционал адаптивных систем управления дорожным движением крупного города [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев // Мир транспорта и технологических машин. - 2017. – № 1. – С.114-118.

**б) статьи в сборниках материалов научных конференций:**

6. **Мартынова, Е.С.** Моделирование в организации и контроле функционирования городских автобусных перевозок (на примере г. Саратова, РФ) [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев, Ж.А. Золотушкина, Ю.А. Славина // Европейские прикладные науки: современные подходы в научных исследованиях: Материалы II Международной научной конференции. - Штутгарт, Германия, 2013. - С. 292-294.

7. **Мартынова, Е.С.** Кластерный анализ в формировании моделей транспортного обслуживания города [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев // Технология, организация и управление автомобильными перевозками: Сборник научных трудов. - СГТУ, 2013. – С. 34-43.

8. **Мартынова, Е.С.** Смешанные перевозки грузов и пассажиров: логистика вариантов организации [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев // Современные проблемы транспортного комплекса России: Сборник научных трудов молодых ученых, специалистов, аспирантов и магистрантов. – Магнитогорск, 2013. – С. 145-153

9. **Мартынова, Е.С.** Обзор типологий стратегий управления предприятиями применимых для транспорта [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев, В.Е. Королева, Ю.А. Славина // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок и безопасности движения: Сб. науч. статей по материалам I Всерос. науч.-практ. конф. – Саратов: СГТУ имени Гагарина

Ю.А., 2013. – С. 113-118.

10. **Мартынова, Е.С.** Современные подходы в проектировании систем управления дорожным движением на УДС города [Текст] / Е.С. Мартынова // Прогрессивные технологии организации перевозок и безопасности движения: Сб. науч. статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2014. – С. 65-67.

11. **Мартынова, Е.С.** Анализ состояния величины транспортных потоков на улично-дорожной сети города Саратова [Текст] / Е.С. Мартынова // Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Новокузнецк, 2014. – С. 185-188.

12. **Мартынова, Е.С.** Математические модели транспортных потоков: Направления развития [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: Материалы IX Международной заочной научно-технической конференции. – Пенза, 2015. – С. 201-211.

13. **Мартынова, Е.С.** Реорганизация транспортных потоков на улично-дорожной сети г. Саратова [Текст] / Е.С. Мартынова // Научная мысль. – 2015. – С. 30-33.

14. **Мартынова, Е.С.** О соответствии моделей управления транспортными потоками параметрам улично-дорожной сети города [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев // Научная мысль. - 2015. – С. 182-186.

15. **Мартынова, Е.С.** Когнитивное моделирование в управлении транспортными процессами [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев // Актуальные вопросы транспорта в современных условиях: Материалы 3-й Междунар. науч. конф. студентов и молодых учёных. – Саратов, 2016. – С.117-121

16. **Мартынова, Е.С.** Анализ загрязнения окружающей среды ДВС, работающими на бензиновом и дизельном топливе [Текст] / Е.С. Мартынова, А.В. Игнатов, В.В. Еремина, В.Л. Шестиперстова // Повышение надежности и безопасности транспортных сооружений и коммуникаций: Материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 212-214.

17. **Мартынова, Е.С.** К вопросу об организации парковочных мест в городе Саратове [Текст] / Е.С. Мартынова, В.Н. Басков, А.В. Игнатов, А.А. Кучапина // Повышение надежности и безопасности транспортных сооружений и коммуникаций: Материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 215-219.

#### **в) прочие издания:**

18. **Мартынова, Е.С.** Применение моделей управления поставками запасных частей автотранспортных предприятий [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2013. – № 2 (71). – С. 298-301.

19. **Мартынова, Е.С.** Ретроспективный анализ подходов в управлении автотранспортными потоками [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А.

Гусев // Научная мысль. – 2016. – № 3. – С. 111-114.

20. **Мартынова, Е.С.** К вопросу об управлении транспортными потоками на улично-дорожной сети города [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2017. – № 4 (24).

21. **Мартынова, Е.С.** К вопросу об уровне обслуживания участников транспортного потока [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев // Научная мысль. – 2017. – № 2. – С. 38-42

22. **Мартынова, Е.С.** Модернизация модели Видемана для управления транспортными потоками [Текст] / Е.С. Мартынова, С.А. Гусев // Логистика, №5 – 2018. – С. 48-50.

**г) свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:**

23. Прогнозирование временных рядов с помощью искусственной нейронной сети: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / **Е.С. Мартынова, В.Н. Басков, Д.А. Васильев, С.А. Гусев, Д.П. Созинов.** – № 2014613211; заявл. 31.01.2014; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 19.03.2014. – 1 с.

Подписано в печать 03.12.2018

Бум. офсет.

Тираж 100 экз.

Усл. печ. л. 1,0

Заказ 58

Формат 60×84 1/16

Уч.-изд. л. 1,0

Бесплатно

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

410054, Саратов, Политехническая ул., 77

Отпечатано в Издательстве СГТУ. 410054, Саратов, Политехническая ул., 77

Тел.: 24-95-70; 99-87-39, e-mail: izdat@sstu.ru