

Техника и технология транспорта: научный Интернет-журнал <http://www.transport-kgasu.ru>
2022. № 3 (26) http://transport-kgasu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=2
Статья опубликована 25.09.2022

Ссылка для цитирования:

Залукаева Н.Ю., Тарабара Д.А. Совершенствование методов адаптивного управления транспортными потоками // Техника и технология транспорта. 2022. № 3 (26). С. 5. URL: <http://transport-kgasu.ru/files/N26-05ODD322.pdf>

УДК 656.1

Совершенствование методов адаптивного управления транспортными потоками

Залукаева Н.Ю., старший преподаватель кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта»;

E-mail: natashazalukaeva@yandex.ru;

Тарабара Д.А., магистр, Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия

Improvement of adaptive traffic management methods

Zalukaeva N.U., senior lecturer of the department of «Engineering and Technology of Motor Transport»;

E-mail: natashazalukaeva@yandex.ru;

Tarabara D.A., master of engineering sciences, Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Аннотация

Существующие методы управления транспортными потоками уже исчерпали себя, необходимо применение новых автоматизированных систем управления дорожным движением. Одним из важных факторов является отсутствие системы оперативного автоматизированного мониторинга состояния транспортного комплекса, что не позволяет в режиме реального времени отслеживать изменения движения транспортных потоков и корректно прогнозировать влияние на уровень загрузки и условия движения на автомобильных дорогах. Предложенный метод передачи информации с помощью автомобиля и мобильного телефона заключается в передаче сигнала из любой точки в центральный пункт управления. Отличием этого метода от существующих является более точный мониторинг дорожной обстановки. Использование новых технологий позволит определять параметры транспортных потоков более эффективно.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, адаптивное управление, светофорное регулирование.

Введение

Исследования по теме совершенствования методов адаптивного управления транспортными потоками проводили как отечественные ученые, так и зарубежные. Среди отечественных ученых необходимо выделить таких авторов, как Чернокоз М.В., Ревякина Е.А., Барлыбаев Р.Х., Шепелев В.Д., а среди зарубежных – Матье Дюмулен. Несмотря на большое количество различных публикаций и материалов по изучению данной темы, существующие методы совершенствования работы адаптивных систем имеют недостатки, а их практическое применение малоэффективно.

Abstract

Existing methods of traffic flow management have already exhausted themselves, it is necessary to use new automated traffic management systems. One of the important factors is the lack of an operational automated monitoring system for the condition of the transport complex, which does not allow real-time monitoring of changes in traffic flows and correctly predicting the impact on the level of loading and traffic conditions on highways. The proposed method of transmitting information using a car and a mobile phone is to transmit a signal from any point to a central control point. The difference between this method and the existing ones is a more accurate monitoring of the road situation. The use of new technologies will make it possible to determine the parameters of traffic flows more efficiently.

Keywords: road transport, adaptive control, traffic light regulation.

В настоящее время для эффективного управления транспортными потоками эксплуатируются различные элементы АСУДД, которые построены на основе интеллектуальных систем. Преимуществами таких систем являются повышение пропускной способности дорог, повышения качества функционирования сети, снижение уровня аварийности и негативного воздействия на окружающую среду, которые реализуются за счет представления каждому участнику дорожного движения информации о маршруте.

Основными функциями автоматизации автомобильных дорог являются:

- мониторинг транспортных потоков;
- управление транспортными потоками;
- определение местоположения дорожно-транспортных происшествий.

Одним из наиболее важных критериев является мониторинг дорожно-транспортной обстановки. Мониторинг – это сбор, обработка, передача и хранение данных о параметрах транспортного потока. Параметрами транспортных потоков являются:

- средняя скорость движения;
- загруженность дороги в определенный период времени;
- количество транспортных средств, проходящих по каждой полосе в определенный период времени.

Мониторинг транспортных потоков в адаптивных системах управления дорожным движением позволяет обрабатывать оперативные и архивные данные о параметрах движения, формировать отчеты, готовить решения по изменению режимов управления, а также определять и информировать о возникновении внештатных ситуаций.

На основе статистики от городов страны, в которых применяется АСУДД, выделим следующие результаты:

- средняя скорость поездки увеличивается на 22-23%;
- время сообщения сокращается на 14-27%;
- задержки ТС сокращаются на 20-45%;
- аварийность снижается на 10-25%;
- количество нецелевых остановок уменьшается на 32-66%;
- расход бензина снижается на 11-16%;
- износ дорожного покрытия уменьшается на 13-25%;
- выбросы окиси углерода снижаются на 17-27% [1, 2].

Эффективность внедрения автоматизированных систем достигнута благодаря корректировке работы системы ручным способом. В центре управления диспетчеры следят за дорожной ситуацией и координируют работу в соответствии с заданными программами. При необходимости вручную вносятся корректировки, например, режим «зеленой волны», изменения в работе светофоров. Данные корректировки зависят от параметров транспортного потока, времени суток, от реальных показателей на дороге в данный момент, поступающих каждые несколько секунд от контроллеров.

Таким образом, внедрение АСУДД оказывает преимущества и выгоды для государства, городов, государственных учреждений, автомобилистов и пешеходов. Очень важно, чтобы адаптивные системы управления дорожным движением не стояли на месте. Необходимо развитие и поддержка современных тенденций в области проектирования с перспективами на будущее. Долгосрочная перспектива развития дорожно-транспортной отрасли, безусловно, должна быть инновационной, и опираться на передовые достижения науки и техники.

Результаты и обсуждения

Для эффективной организации дорожного движения с помощью адаптивных систем управления транспортными потоками необходима слаженность работы нескольких автоматизированных систем. Используемые технологии на сегодняшний день значительно улучшили транспортную обстановку на дорогах, однако, они не реализуются в полную силу. Используемые технологии на сегодняшний день значительно улучшили транспортную обстановку на дорогах, однако, они не реализуются в полную силу. В существующих системах есть недостатки, например, они не учитывают внешние погодные факторы, не отслеживают ситуацию на подходах к автоматизированным участкам автомобильных дорог.

Поэтому в исследовании предлагается усовершенствованный метод управления дорожной ситуацией, который значительно позволит увеличить качество и надежность

информации, доступной о транспортных средствах, их расположении и дорожной среде. Предлагается создать усовершенствованную технологию для передвижения транспортного средства в реальных транспортных условиях с участием самого автомобиля. Цель данного метода состоит в развитии автоматизации с отдельным водителем (автомобилем), а не с транспортным потоком, как это осуществляется на сегодняшний день. Также необходимо контролировать работу не только автомобиля, но и дорожно-транспортную обстановку.

Классические (традиционные) центры управления дорожным движением в основном полагаются на данные от статических датчиков. Главным образом обработанная информация доводится до участников дорожного движения на автомобильных дорогах через табло или знаки переменной информации. Тем не менее, бывают ситуации, когда эта система косвенного управления неэффективна. Например, изменение маршрута движения при нахождении в пробке.

Интеллектуальные системы предоставляют нам информацию о машинах и их расположении на дороге, информацию о дорожных условиях, позволяют оптимизировать и обезопасить движение в дорожной сети, а также ускорить реакцию на дорожные инциденты и аварии. Интеллектуальная дорожная сеть адаптируется к фактическим изменениям обстановки в реальном режиме времени. Сообщения об интенсивности трафика, инцидентах и авариях становятся доступными для всей сети. Чтобы всегда сохранять контроль над своим собственным автомобилем, очень важно знать, где находится и куда направляется соседний [3, 4].

С помощью передачи информации от самого автомобиля можно будет управлять транспортным потоком, сглаживать его движение. Это, безусловно, окажет положительное влияние на безопасность и организацию дорожного движения.

Помимо организации дорожного движения с помощью связи с автомобилем, возможно, информировать водителей – помощь в поддержке безопасной скорости и дистанции, осуществление перестроения, избегать обгона в критических ситуациях и безопасно проходить дорожные пересечения. Кроме того, с помощью технических средств можно определять оптимальное местоположение паркинга, передавать на информационный ресурс данные о наличии парковочных мест, доставлять по сети эту информацию соответствующему транспортному средству, прокладывать маршрут, помогая водителю быстрее добраться до конечного пункта, выявлять потенциальные риски именно в режиме реального времени [5].

Реализация данного метода возможна при обеспечении надежного канала связи между автомобилем и автомобилем, а также между автомобилем и инфраструктурой. Такой канал должен как минимум удовлетворять следующим требованиям:

- быть стандартным и обеспечивающим принцип OSI (концептуальная модель, которая описывает и стандартизирует функции компьютерных систем при их взаимодействии друг с другом);
- иметь достаточную пропускную способность, низкую латентность, высокую скорость установления соединения с движущимся на предельной скорости объектом – для решения всего спектра задач;
- быть защищенным;
- быть всепогодным.

Технология будет плавно подготавливать водителей к изменению маршрута, посылая сигнал-предупреждение о дорожных знаках, скоростных ограничениях и т.п.

Использование системы совместно с существующими даст значительно более качественную информацию о транспортных средствах, их расположении и дорожных условиях и для операторов центров управления дорожным движением, что позволяет им оптимизировать безопасное использование контролируемых ими дорог и лучше реагировать на инциденты и различные опасности.

С помощью передачи информации от самого автомобиля можно будет управлять транспортным потоком, сглаживать его движение.

Реализация данного метода возможна при обеспечении надежного канала связи между автомобилем и автомобилем, а также между автомобилем и инфраструктурой.

Преимущества усовершенствованного метода исходят из более полной информации, которая доступна из транспортного средства и его окружения. Тот же набор информации может быть использован для расширения функциональности систем безопасности и в самом

автомобиле. В некоторых случаях отчеты о трафике сегодня прибывают слишком поздно и, к сожалению, бывают недостаточно точными и объективными. В будущем каждый автомобиль будет также служить в качестве некоего блока дорожного мониторинга, который доставляет данные анонимно и в реальном времени до центра управления дорожным движением. Центр будет генерировать прогноз очень быстро и использовать технологии, чтобы отправить его только на те транспортные средства, которых это затрагивает. Транспортные средства будут получать только ту информацию, которая им реально нужна.

Во взаимодействие вовлечены различные типы структурных элементов: транспортные средства, элементы дорожной инфраструктуры и операционные центры. Метод мониторинга используется для сборки данных, таких как факт обнаружения транспортного средства и его скорость. Транспортные средства поддерживают связь с инфраструктурой, посылая сообщения в сервисный центр. Инфраструктура – это только посредник, не применяющий какие-либо методы обработки данных (рис. 1).

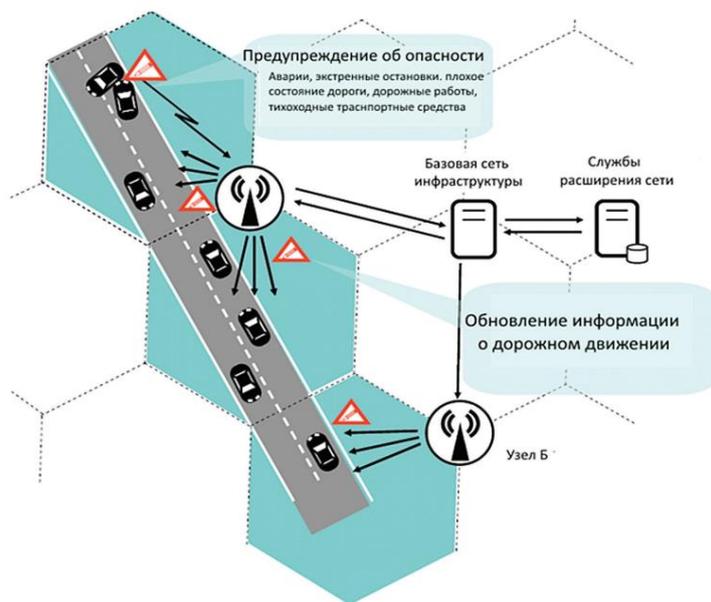


Рис. 1. Принцип передачи информации от автомобиля к автомобилю

Например, предположим, что одна полоса автомобильной дороги заблокирована из-за аварии. Показания от машин, находящихся в зоне затора, данные от дорожных датчиков и изображения с камер показывают, что заторовая ситуация уже образовалась. Центр управления движением посылает эту информацию всем транспортным средствам, находящимся в непосредственной близости. Водитель получает сообщение в виде вывода на экран бортового устройства некоего определённого знака и сможет вовремя скорректировать свой маршрут. Существенным фактором является то, что это и есть самые последние и достоверные данные, в отличие от, например, радиосообщений о дорожной обстановке [6, 7].

Когда одиночное транспортное средство будет приближаться к регулируемому перекрестку, то система будет стремиться обеспечить зеленый свет для него как можно скорее (будет обеспечиваться минимальное время зеленого цвета для каждой фазы). Если к перекрестку подъезжает несколько транспортных средств, система будет стремиться предоставить «зеленый» всем автомобилям, чтобы свести к минимуму задержки транспортных средств.

Такая система передачи информации от автомобиля поможет в реализации адаптивных систем. В центр управления будут поступать сигналы о количестве транспортных средств для дальнейшего выбора программы управления движением потоков. Отличием такого передачи информации от использования детекторов заключается в пониженных затратах на оборудование автоматизированных систем. А преимуществом данного метода будет является передача сигнала из любой точки. На автоматизированных участках дорог с использованием детектора транспорта для обнаружения автомобиля учитывается только тот транспорт, который

попал в поле зрения детектора. Автомобили, въезжающие с второстепенных улиц на автоматизированный участок, создают неточную переданную информацию о транспортном потоке. Вследствие этого система оказывается неэффективна. Использование метода передачи информации от автомобиля поможет скорректировать транспортные потоки и создать оптимальный светофорный цикл.

Дополнением к совершенствованию сбора информации с помощью адаптивных систем управления транспортными потоками является технология мониторинга дорожного движения на основе мобильных датчиков. Этот метод подразумевает, что в каждом транспортном средстве будет находиться мобильный телефон, который действует как датчик дорожной сети. Такие данные, как местоположение автомобиля, скорость и направление движения будут анонимно отправляться в центральный пункт управления. Далее выбирается оптимальный режим управления транспортными потоками. Однако в настоящее время сотовый телефон используется как средство информирования водителя о наличии заторовых ситуациях на дороге, возможных маршрутах движения.

Система управления дорожным движением на основе мобильных телефонов представляет собой альтернативу или дополнение к существующим технологиям. Автоматизированные системы управления дорожным движением эксплуатируются при помощи с помощью детекторов транспорта, способных определять плотность транспортного потока, скорость автомобиля. В адаптивных системах светофоры регулируются на основе данных о местоположении и скорости. Следует отметить в отличие от стационарных детекторов дорожного движения и на основе GPS системы, в управлении транспортных потоков на основе сотовой сети, никаких специальных устройств/оборудования не требуется в автомобилях и на автомобильных дорогах. Обычный смартфон уже имеет все эти встроенные функции [2, 10].

Предлагаемая система будет состоять из следующих модулей, указанных на рис. 2:

- первый модуль (А), это светофоры одного или нескольких перекрестков;
- второй модуль (В) представляет собой электронный контроллер, который регулирует светофоры, передает данные в управляющий пункт;
- третий модуль (С) – центральный сервер сбора и обработки данных;
- четвертый модуль (D) – транспортные средства, движущиеся в обычном дорожном движении со смартфонами и специальным приложением.

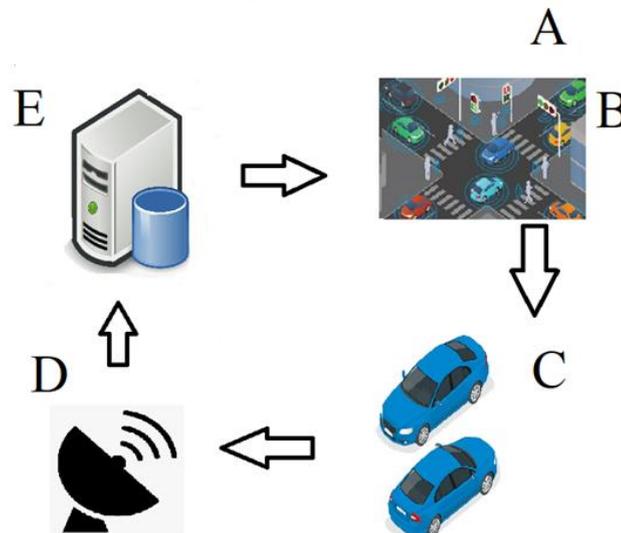


Рис. 2. Общая структура предлагаемой системы

Движущиеся транспортные средства с мобильными телефонами (D) определяют свое местоположение и скорость (через спутниковый приемник) и мгновенно передают данные на центральный сервер (C) через беспроводное подключение к Интернету. Центральный сервер обрабатывает полученные данные о транспортных средствах, двигающихся в транспортном потоке, и определяет время в пути автомобилей до светофора. Эти данные передаются на

отдельные блоки управления светофора (В). Контроллеры включают необходимые светофоры (А).

Когда одиночное транспортное средство будет приближаться к регулируемому перекрестку, то система будет стремиться обеспечить зеленый свет для него как можно скорее (будет обеспечиваться минимальное время зеленого цвета для каждой фазы). Если к перекрестку подъезжает несколько транспортных средств, система будет стремиться предоставить «зеленый» всем автомобилям, чтобы свести к минимуму задержки транспортных средств.

В идеальной ситуации, когда все транспортные средства оснащены мобильными телефонами, реализуется адаптивная система управления светофорами.

Также система может отдать приоритет над всеми другими транспортными потоками, например, машине скорой помощи, основываясь на реальном местоположении автомобиля.

На практике система не сможет дать разрешающий сигнал для движения сразу всем автомобилям. В таком случае система будет оценивать количество автомобилей с приборами, которые приближаются к регулируемому перекрестку и сделает приоритет тому подъезду, на котором больше транспортных средств со смартфонами. Время разрешающего сигнала, назначенное каждому подходу, будет зависеть от длины очереди, установленной на основе положения последнего автомобиля в очереди, прошедшего проверку с помощью приборов, а также с учетом количества автомобилей, которые могут прибыть с момента остановки последнего транспортного средства.

Если транспортное средство с приборами отсутствует, алгоритм возвращается к фиксированному временному циклу. В любом случае алгоритм будет назначать минимальное время зеленого цвета для каждой фазы.

Метод организации дорожного движения, основанный на приложении для мобильного телефона, позволит оценивать транспортный поток в режиме реального времени. Возможно соединение этого метода с моделированием транспортных потоков в реальном времени для прогнозирования развития управления стратегиями дорожного движения, а также для реализации обратной связи с пользователями. Такая информация может предоставляться различными способами, причем система будет способна оказать помощь при вождении, чтобы повысить безопасность и облегчить езду. Водители могут быть проинформированы о стиле вождения, который необходимо соблюдать, чтобы добраться до сигнальных перекрестков, экономя время и топливо. В ходе работы система будет не только получать данные о местоположении и скорости от транспортных средств с приборами, но и передавать информацию в обратном направлении (с центрального сервера на смартфоны водителей), которую может учитывать система управления светофоров на перекрестках.

Важно обеспечить конфиденциальность передаваемой информации, поскольку информация транспортных средств будет обрабатываться только для регулирования сигнала светофора, и после удаления конфиденциальных данных их можно будет обработать и вернуть пользователям в анонимной форме, к примеру общая информация о дорожном движении, информация о транспортном потоке, средняя скорость, маршруты и время в пути и т. д.

Система предполагает использование спутниковой технологии определения местоположения (локализации) GNSS (типа приемников: GPS, Глонасс, Галилео и др.). В частности, адаптивная система светофора получает и обрабатывает последовательность положения и скорости, полученные от чипов GNSS, установленных на мобильных устройствах, оснащенных приборами транспортных средств. Кинематические данные и положение транспортных средств с приборами передается на этапе обработки со стационарного или мобильного оборудования на сервер по радиосвязи: 2G, GPRS, 3G или UMTS, 4G. На перекрестках дорог, где сигнал мобильного телефона слабый, антенны Wi-Fi можно использовать локальную систему для передачи данных по радио ближнего действия [8, 9].

Стоит учесть наличие мобильных телефонов у других участников дорожного движения, например, пешеходы и велосипедисты. Данные, полученные от этих смартфонов, могут привести к ошибочной информации о дорожной обстановке. В таком случае можно полученные данные можно разделять при помощи такого параметра, как скорость.

Таким образом, отличием от других адаптивных систем будет являться не стационарная инфраструктура для обнаружения транспортных средств, а транспортное средство для

локализации. Среди множества возможных областей применения система также позволяет приносить пользу определенным категориям пользователей, предоставляя им определенную зеленую фазу и в то же время, позволяя отправлять информацию всем водителям о включенных фазах светофора.

Для реализации этого метода водители, заинтересованные в услуге, должны установить приложение для смартфона на мобильных устройствах с возможностями GNSS (например, GPS и Galileo). Это сможет позволить системе регулирования светофора знать положение абонентов и регулировать светофоры в соответствии их скорости, местоположения.

Представленное приложение для мобильного телефона обладает большим потенциалом для привлечения водителей. Быстрый запуск системы и принятие водителем будут гарантированы тем фактом, что на этапе запуска первые водители, использующие систему, получат зеленый приоритет по сравнению с другими водителями. Когда около 35% присоединятся, система будет работать более демократично и очень эффективно в регулировании дорожного движения путем оценки положения всех транспортных средств.

Не смотря на все преимущества предложенных методик сбора информации, есть и недостатки. Минусы работы систем заключаются в погрешности вычисления координат автомобиля и возможном плохом сигнале при передаче информации с помощью GPS, не все водители смогут использовать мобильные телефоны. Поэтому данная система будет эффективна при совместном использовании со существующими традиционными способами передачи информации. При эксплуатации одновременно нескольких адаптивных систем будет возможно заменить недостатки одной системы преимуществами другой. При колебании температуры, различного времени суток, быстрых перестроениях транспортных средств на другие полосы, воздействия посторонних звуковых помех выявляется погрешность данных при сборе информации об автомобильных потоках с помощью детекторов транспорта. На основе исследований ученых средняя погрешность от различных видов детекторов составляет 15%. Предполагаемая достоверность передачи информации от автомобиля и мобильного телефона будет составлять 88% (данные получены на основе передачи со спутников GPS). Исходя из этого определяем поправочный коэффициент, который равен 0,96. Поэтому делаем вывод, что усовершенствованный метод сбора данных будет эффективен при совместном использовании с традиционными детекторами транспорта.

Заключение

С помощью передачи информации от автомобиля возможно осуществить следующие функции:

- обеспечение приоритетного пропуски пассажирского транспорта;
- передача видео с борта пассажирского транспорта – с фронтальной и внутрисалонной камер;
- слежение за состоянием прилегающих парковочных площадей с использованием бортовой камеры пассажирского или специализированного транспорта и сервисов бортовой видеоаналитики с привязкой к маршруту движения;
- отображение рекомендуемой скорости для движения в «зелёной волне» на бортовом компьютере;
- мониторинг потоков по принципу FCD (Floating Car Data, плывущий в потоке автомобиль, в том числе с передачей накопленного детализированного скоростного профиля движения по участку);
- контроль инцидентов по неоднородности принятых скоростных профилей;
- оценка эффективности работы систем управления (светофорного регулирования, «зеленой волны» и т.п.) по фиксации деперсонализированного времени проезда контролируемых сечений.

С помощью полученной информации предлагается управлять дорожным движением на автомобильных дорогах. Также возможно совместное управление транспортными потоками с помощью мобильных телефонов, находящихся в автомобилях. Данный метод не требует дополнительных средств на установку нового оборудования. Предложенные методы могут работать совместно с существующими автоматизированными системами, дополняя их новыми возможностями.

Список литературы

1. Самалькова А.С., Габдуллин Т.Р. Автоматизированные системы управления дорожным движением, как метод разгрузки транспортной сети // *Техника и технология транспорта*. 2019. № 1 (10). С. 11.
2. Тарабрин Д.А., Сыщиков Д.А., Гуськов А.А. Оценка аварийности дорожного движения на двухполосных автомобильных дорогах // *Вестник транспорта*. 2018. № 7. С. 30-32.
3. Кубичек Е.В., Пугачёв И.Н., Павленко А.А. Обеспечение эффективности дорожного движения путем разработки, автоматизированной (интеллектуальной) системы управления движением (АСУДД) // *Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса*. 2013. № 1. С. 459-463.
4. Инфраструктура автотранспортного комплекса [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.А. Анохин, Н.Ю. Залукаева, А.А. Гуськов, В.А. Гавриков. Тамбов. Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018.
5. Организация и безопасность дорожного движения: учебник для вузов / В.И. Коноплянко, О.П. Гуджоян, В.В. Зырянов, А.В. Косолапов. Кемерово: Кузбас-свуиздат, 1998. – 236 с.
6. Еланская М.В., Любичев Д.М., Дормидонтова Т.В. Автоматизированная система управления дорожным движением // *Евразийский союз ученых*. 2019. №4-3 (61). С. 22-25.
7. Гуськов А.А. Информационные технологии на транспорте [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Гуськов, В.А. Молюдцов, Н.В. Пеньшин. Электрон. дан. (23,4 Мб). Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014.
8. Сенькин В.Е., Хорольский М.В. Разработка автоматизированной системы управления дорожным движением с применением нейронных сетей // В сборнике: *Проблемы функционирования систем транспорта. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных (с межд. участием)*. 2014. С. 247-252.
9. Гуськов А.А. Организация парковочного пространства в г. Тамбове // *Химия. Экология. Урбанистика*. 2021. Т. 2021-3. С. 28-32.
10. Анохин С.А., Гуськов А.А., Шестакова Н.А. Определение скорости транспортного средства // *Наука и техника в дорожной отрасли*. 2020. № 3 (93). С. 10-13.

References

1. Samalykova A.S., Gabdullin T.R. Automated traffic control systems as a method of unloading the transport network // *Technique and technology of transport*. 2019. No. 1 (10). P. 11.
2. Tarabrin D.A., Detectives D.A., Guskov A.A. Assessment of traffic accidents on two-lane highways // *Bulletin of Transport*. 2018. No. 7. P. 30-32.
3. Kubichek E.V., Pugachev I.N., Pavlenko A.A. Ensuring the efficiency of road traffic by developing an automated (intelligent) traffic control system (ASUDD) // *Far East: problems of development of the architectural and construction complex*. 2013. No. 1. P. 459-463.
4. Infrastructure of the motor transport complex [Electronic resource]: textbook / S.A. Anokhin, N.Y. Zalukaeva, A.A. Guskov, V.A. Gavrikov. Tambov. Publishing house of FGBOU VO "TSTU", 2018.
5. Organization and safety of road traffic: textbook for universities / V.I. Konoplyanko, O.P. Gudjoyan, V.V. Zyryanov, A.V. Kosolapov. Kemerovo: Kuzbas-svuzizdat, 1998. – 236 p.
6. Elanskaya M.V., Lyubichev D.M., Dormidontova T.V. Automated traffic control system // *Eurasian Union of Scientists*. 2019. No.4-3 (61). P. 22-25.
7. Guskov A.A. Information technologies in transport [Electronic resource]: textbook / A.A. Guskov, V.A. Molodtsov, N.V. Peshin. Electron. dan. (23.4 MB). Tambov: FGBOU VPO "TSTU", 2014.
8. Senkin V.E., Khorolsky M.V. Development of an automated traffic control system using neural networks // In the collection: *Problems of functioning of transport systems. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference of students, postgraduates and young scientists (with interns. participation)*. 2014. P. 247-252.
9. Guskov A.A. Organization of parking space in Tambov // *Chemistry. Ecology. Urbanistics*. 2021. T. 2021-3. pp. 28-32.
10. Anokhin S.A., Guskov A.A., Shestakova N.A. Determination of vehicle speed // *Science and technology in the road industry*. 2020. No. 3 (93). P. 10-13.