

На правах рукописи
УДК 656.021.8,
621.372.542

МАКОВЕЦКАЯ-АБРАМОВА ОЛЬГА ВАЛЕНТИНОВНА

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО ОПТИЧЕСКИМ ОБРАЗАМ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ**

Специальности 05.22.10 - эксплуатация автомобильного транспорта,
05.12.04 - радиотехника, в том числе системы и устройства
радионавигации, радиолокации и телевидения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Владимир 2004

Работа выполнена на кафедре общей и прикладной физики
Владимирского государственного университета

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор В.Н. Кунин

Научный консультант: доктор технических наук, профессор Д.А. Соцков

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор В.М. Власов
кандидат технических наук, доцент Е.А. Архипов

Ведущее предприятие: УГИБДД - ГАИ УВД
Владимирской области

Защита состоится "___" _____ 2004 г. в ___ часов на заседании диссертационного совета Д. 212.025.02 Владимирского государственного университета по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, ауд. 211-1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Владимирского государственного университета.

Автореферат разослан "___" _____ 2004 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, учёному секретарю диссертационного совета Д. 212.025.02.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



С.Г. Драгомиров

Контрольный экземпляр

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

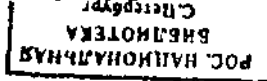
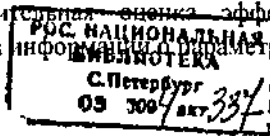
Актуальность. Существенно уменьшить показатель аварийности позволят качественные преобразования в системе «Транспортное средство - водитель - дорога», т.е. переход на интенсивный путь совершенствования организации движения. К таким мероприятиям следует отнести широкое внедрение электронной техники в организацию движения и управления автотранспортными средствами. В настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом проводятся широкие исследования по использованию различных радиоэлектронных, оптических и ультразвуковых систем для обеспечения безопасности движения наземного транспорта.

Одной из важнейших характеристик движения является состав потока, существенно влияющий на условия и режим движения транспортных средств. Сегодня существует необходимость пересмотра и уточнения методик определения состава потока. Значимость идентификации автомобилей в потоке вызвана широким кругом задач, решаемых на основе информации о качественном составе автотранспортного потока. Такими задачами являются: определение нагрузок на дорожное полотно; оперативное изменение скоростных режимов; прогнозирование особо аварийных участков дорог; выбор оптимальных мест установки регулировочных знаков; определение динамического габарита транспортных средств; сопровождение автомобилей с опасным грузом; решение задачи сортировки потоков; контроль движения пассажирского транспорта; оптимизация процессов перевозки пассажиров; оперативное управление движением; корректировка работы светофорной сигнализации; определение необходимости создания стоянок для индивидуальных легковых автомобилей; решение задач логистики; сбор информации об общем составе парка автомобилей в регионе и стране и т.д. Поэтому исследования в области разработки методов идентификации автотранспортных средств актуальны. Наиболее перспективны исследования с применением новых информационных технологий.

Цель исследования. Целью исследования является разработка методов идентификации автотранспортных средств на основе распознавания их оптических образов для организации движения и снижения количества дорожно-транспортных происшествий.

Решение сформулированной задачи предполагает следующие этапы:

- сравнительная оценка эффективности различных методов и средств сбора информации в различных параметрах автотранспортного потока;



- экспериментальные исследования по регистрации оптических образов автотранспортных средств с получением информации в реальном времени;

- разработка методики идентификации автотранспортных средств по признакам оптических образов на основе цифровой обработки сигналов;

- разработка методики классификации автотранспортных средств на основе использования таксономических критериев оптических образов.

Методика и объект исследований. Используемый метод предусматривает применение аппаратуры автоматизированного способа сбора информации, телекоммуникации и математических способов выдачи информации для оперативного принятия решений на основе компьютерных технологий. В качестве объекта исследования выбраны автотранспортные средства.

Научная новизна. В работе впервые:

1. Произведена конструкторская модернизация созданного ранее оптико-электронного устройства для решения задач навигации применительно к регистрации транспортных средств на магистралях и городских улицах.

2. Разработана методика математической обработки электрических сигналов с целью выделения полезной информации для идентификации транспортных средств, теоретически и экспериментально осуществлён выбор таксономических критериев оптических образов автомобилей.

3. Разработана методика использования полученных результатов для решения задач организации движения и мониторинга транспортных потоков.

4. Экспериментально исследованы информационные возможности операции деконволюции свёртки собственного сигнала транспортного средства с передаточной функцией приёмника в зависимости от расстояния между оптико-электронным устройством и автомобилем.

Практическая значимость:

- получена информация о составе транспортного потока по характерным признакам оптических образов транспортных средств;

- транспортные средства идентифицированы с высокой степенью надёжности и малой вероятностью ошибки в условиях высокого уровня оптических, акустических и др. помех по репрезентативному набору образов;

- результаты обработки-информации получены в реальном времени.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационной работы внедрены: кафедрой "Автомобильный транспорт" Владимирского государственного университета в учебный процесс специальности № 230100 "Сервис транспортных и технологических машин и оборудования" ДС.04 "Основы автоматизации и компьютеризации производственных процессов", № 150200 "Автомобили и автомобильное хозяйство" ДС.02 "Основы автоматизации и роботизации производственных процессов"; кафедрой "Приборостроение и информационно-измерительная техника" Владимирского государственного университета в учебный процесс специальности № 190100 "Приборостроение"; Владимирским производственно-технологическим центром ДП ГП "РосдорНИИ" при диагностике дороги "Волга М7" - результаты мониторинга транспортных потоков с применением оптико-электронных растровых датчиков и методика оперативного определения параметров транспортного потока (интенсивности, плотности, скорости, типов транспортных средств); пассажирским автотранспортным предприятием г. Коврова - оптико-электронный детектор транспорта на основе многомерных пластинчатых растров и методика цифровой обработки регистрируемых сигналов.

Основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту:

1. Методика идентификации транспортных средств по экспериментально полученным оптическим образам и алгоритмы определения параметров автомобилей в реальном времени, в автоматическом режиме с применением цифровых методов обработки информации.
2. Классификация автотранспортных средств по таксономическим критериям оптических образов.
3. Методика выбора алгоритма математической обработки оптических сигналов в зависимости от места установки растрового датчика, определяемого реальными условиями.

Апробация работы. Результаты работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: VIII Международной научно-технической конференции двигателей внутреннего сгорания, автомобильной техники и транспорта "MOTAUTO'01", Varna, Bulgaria, 2001; научно-технической конференции "Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог" УФ МАДИ (ГТУ), Челябинск, 2001; IX Международной научно-практической конференции "Актуальные про-

блемы управления качеством производства и эксплуатации автотранспортных средств", Владимир, 2002; VIII Международной научно-практической конференции "Совершенствование мощностных, экономических и экологических показателей ДВС", Владимир, 2001; V Международной конференции "Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах", Санкт-Петербург, 2002.

Публикации. Основные положения диссертации изложены в 11 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, библиографического списка и приложений. Объем диссертации составляет 165 страниц машинописного текста, в том числе 12 таблиц, 48 иллюстраций, 7 приложений. Приложения содержат материалы, подтверждающие внедрение результатов. Библиографический список состоит из 157 наименований, включающих 148 отечественных и 9 иностранных источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ'

Во введении обоснована актуальность темы, изложены цель, научная новизна и практическая ценность диссертационной работы, а также выносимые на защиту положения.

В первой главе освещены принципы математического описания транспортного потока, вопросы современного уровня развития методов и средств регистрации автомобилей. Исследованы классификация автомобильного подвижного состава и возможности таксономического группирования.

Сравнительный анализ различных методов регистрации автомобилей и сбора информации о параметрах транспортного потока (индукционных, ультразвуковых, магнитометрических, радиолокационных и др.) показал, что максимальная эффективность достигается при их комплексном использовании. Один из них основан на анализе издаваемого транспортными средствами шума, другой - на явлении взаимной индукции автомобиля и индукционного датчика, третий - на анализе отраженных сигналов. Каждый из вышеперечисленных методов обладает рядом достоинств, однако в существующих разработках имеются и существенные недостатки, такие как достаточно высокая погрешность определения пара-

метров транспортного потока, большие габариты установок, подверженность воздействию климатических условий, низкие показатели надежности, высокая стоимость монтажа. Недостатком является также регистрация избыточной информации об автотранспортных средствах (АТС), многократно превышающей необходимый объем, усложняющей и удлиняющей во времени процесс идентификации.

В работе проведён анализ методов распознавания образов. Существующие методы можно разделить на две большие группы. Первая основана на понятиях пространства признаков и обработки в этом пространстве, вторая - на исследовании "конструкции" рассматриваемых объектов (синтаксическое распознавание).

Основными методами анализа данных являются:

1. Дискриминантный анализ: строятся функции, зависящие от признаков и обеспечивающие оптимальное разделение объектов, относящихся к разным классам.

2. Выделение и выбор признаков: из некоторого (избыточного) набора признаков выбирается подмножество "наилучших" признаков или их комбинаций.

3. Кластерный анализ: данные разделяются на группы объектов, подобных в том или ином отношении.

В связи с большим разнообразием условий и характеров объектов распознавания математически строгий метод и универсальный подход маловероятны. Поэтому логична разработка методов распознавания, предназначенных только для данного класса объектов или явлений, в каждом конкретном случае однотипных задач. Распознавание образов АТС должно осуществляться в реальном времени, что возможно только при распознавании по признакам образа, тесно связанным с характерными признаками транспортного средства. При этом важно выбрать минимальное количество признаков, необходимых для быстрого действия, с одной стороны, и высокую степень идентификации и малую вероятность ошибки - с другой.

Рассмотрены математические методы описания транспортных потоков. Первостепенными задачами, послужившими развитию моделирования транспортных потоков, явились изучение и обоснование пропускной способности магистралей и их пересечений. Поведение транспортного потока очень изменчиво и зависит от действия многих факторов и их сочетаний. Основное уравнение транспортного потока имеет вид

$$(q) = ku,$$

где q - интенсивность, авт./ч; k - плотность, авт./км; u - средняя пространственная скорость, км/ч. Интенсивность и скорость являются независимыми переменными, плотность - зависимая переменная. При анализе закономерностей дорожного движения, а также при решении практических задач регулирования движения возникает необходимость использования взаимозависимостей характеристик транспортного потока. Для обеспечения адаптированных автоматических систем улучшения пропускной способности дорог, со специальной классификацией транспортных средств, ориентированных на решение задач мониторинга транспортных потоков и организацию движения автотранспорта, требуется разработка специальных методик идентификации транспортных средств. Количество групп в классификации может быть разным в зависимости от решаемых задач. С одной стороны, это определяет быстродействие системы обработки данных, с другой - сложность применяемых алгоритмов.

В данной работе предлагается решение задачи идентификации транспортных средств, основанное на изучении оптического образа автомобиля, полученного с помощью оптико-электронного устройства на основе многомерного пластинчатого растра. Растровое устройство способно в реальном времени и с высокой степенью надежности регистрировать оптические сигналы автомобилей, математическая обработка оптических сигналов позволяет оценивать количество и типы транспортных средств - решать проблему распознавания.

Во второй главе проведён теоретический анализ способов описания произвольного сигнала, рассмотрены возможности применения преобразования Фурье, кепстрального анализа, оператора деконволюции и метода произведений для предварительной обработки пространственно-временных сигналов. В результате проведённого анализа установлено, что при построении математических алгоритмов обработки пространственно-временных сигналов с целью выявления характерных признаков образов и последующей идентификации эффективно применение гомоморфных преобразований.

Кепстральный анализ связан с разделением свернутых сигналов и функций, и его основное назначение определяется физическим происхождением этих сигналов и функций. Численная реализация на ЭВМ процедуры вычисления кепстра дискретной последовательности $x(n)$ конечной длины N с использованием дискретного преобразования Фурье имеет вид

$$\left\{ \begin{array}{l} X(k) = \sum_{n=-\infty}^{M-1} X(n) e^{-j \frac{2\pi}{N} nk}; \\ X_{\text{Re}}(k) = \log|X(k)|; \\ C_p(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=-\infty}^{M-1} X_{\text{Re}}(k) e^{j \frac{2\pi}{N} nk} = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} C(n \pm mN); \\ m = 0, 1, 2, \dots \end{array} \right. \quad (2)$$

«Обострение» полученных оптических образов, выявление дополнительных отличительных признаков могут быть осуществлены с помощью кепстрального анализа, который, кроме того, позволяет идентифицировать АТС в случаях наложения оптических образов нескольких автомобилей. Применение алгоритма позволяет "обострить" оптический образ, подчеркнуть его характерные особенности, выявить признаки для отнесения распознаваемого объекта к одному из классов, а также даёт возможность определить габаритную длину автомобиля по кепстральным пикам. На рис. 1 представлены оптический сигнал, полученный при прохождении в поле зрения растрового детектора модели квадратной формы, и результат кепстральной обработки данного сигнала.

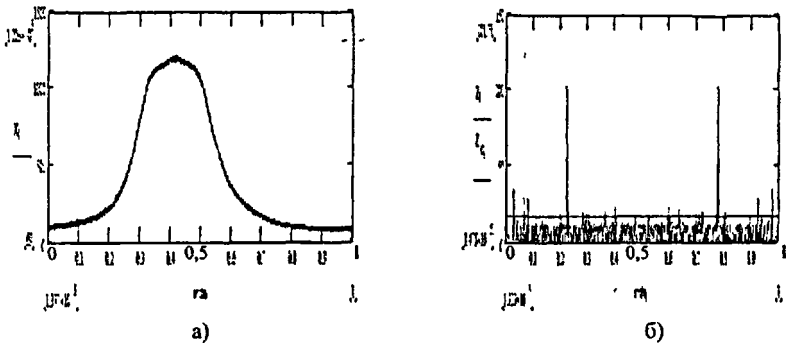


Рис. 1. Графическое представление кепстрального анализа: а - оптический сигнал модели, б - результат кепстральной обработки для определения длины автомобиля по расстоянию между пиками

Деконволюция

Сигнал на выходе равен сумме всех откликов. Преобразование Фурье свертки двух функций равно произведению изображений функций, составляющих свертку и наоборот. Согласно теореме Планшереля справедливо соотношение:

$$e(t) * h(t) \longleftrightarrow E(v)H(v), \quad (3)$$

т.е. спектр от свертки есть произведение спектров.

Вне зависимости от конструкции входного устройства сигнал $S(t)$, регистрируемый детектором, представляет собой свертку собственного сигнала АТС $e(t)$ с импульсной характеристикой (полем зрения) детектора $h(t)$. В случае регистрации с больших расстояний свёртка $S(t)$ теряет информативные качества, и идентификация усложняется. Разработанная методика дополнительной математической обработки регистрируемых сигналов предполагает применение оператора деконволюции. Оператор деконволюции позволяет исключить из $S(t)$ импульсную характеристику $A(t)$, оставив собственный сигнал АТС $e(t)$ в чистом виде, без искажающего влияния передаточной функции приемника. В случае регистрации с близкого расстояния достаточно наличия свертки $S(t)$, при регистрации с большого расстояния требуется произвести выделение собственного сигнала регистрируемого объекта путём применения оператора деконволюции. Алгоритм применения оператора деконволюции представлен на рис. 2.

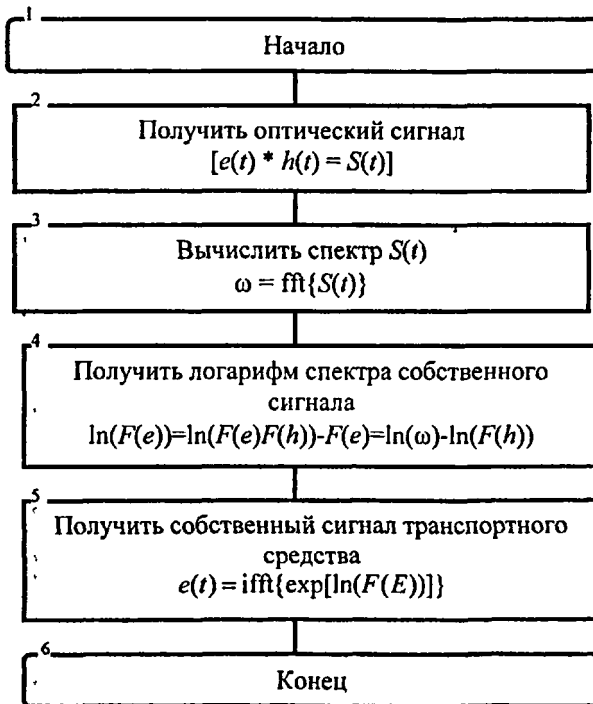


Рис. 2. Функциональная схема алгоритма деконволюции

Метод произведений является методом многомерного анализа в многомерном пространстве численных критериев. Основой метода произведений является синтез критериев (гомогенных комплексов параметров), характеризующих некую систему или развитие событий. Применение метода предусматривает несколько этапов:

1. Нахождение основных влияющих величин, играющих роль аргументов.

2'. Выделение этих величин из шумов и измерение их.

3. Синтез определительного уравнения в виде выражения (4), тем самым, формирование интересующего критерия.

Условием справедливости принципа абсолютности отношений для законов физики в любых системах первичных величин является гомогенность определяющих уравнений. Но гомогенны только степенные выражения:

$$Y = Ax_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot \dots \cdot x_k^{a_k} . \quad (4)$$

Поэтому отыскание физических связей между различными величинами должно проводиться путём построения уравнения в виде выражения (4). Значения величин a_1, a_2, \dots, a_k называются показателями размерностей или размерностью вторичной величины. Такой подход к исследованию физических процессов получил название анализа размерностей.

В случае применения метода произведений статистической обработке таблицы наблюдений отводится лишь частная роль, а именно вычисление парных коэффициентов корреляции с целью облегчения отыскания аргументов, т.е. основных влияющих факторов. Создание количественной единицы сводится к следующим операциям:

1. Выбирается ряд взаимно не зависимых показателей системы, достаточно полно описывающих её состояние. Эти показатели оцениваются числами.

2. Методом корреляционного анализа определяется теснота связи этих показателей (взятых в различных степенях) с параметром, для которого должна быть установлена единица измерения.

3. Формируется определяющее произведение и устанавливается единица измерения.

4. Проверяется надёжность установленной единицы вычислением коэффициента корреляции между величинами сформированного произведения и исследуемого параметра. Этот коэффициент должен быть близок

к единице, что обеспечивает почти функциональную зависимость между указанными величинами.

Третья глава посвящена разработке методики эксперимента по регистрации оптических образов АТС, а также разработке и апробации методик идентификации АТС по признакам оптических образов.

При проведении работы была создана установка, позволяющая регистрировать оптические образы на трассе. Растровый блок конструктивно прост, он представляет собой металлическую трубу, на которой установлены 4 кронштейна с растровыми оптико-электронными датчиками (рис. 3). Во время эксперимента блок устанавливался так, что поля зрения растров были сориентированы перпендикулярно траектории движения моделей автомобилей. В ходе экспериментов использовался пластинчатый растр со следующими характеристиками: длина - 100 мм; расстояние между пластинами - 1 мм; ширина - 10 мм; толщина пластин - 0,2 мм; высота - 72,2 мм; угол измерения $2\alpha_0 - 1,8^\circ$; количество пластин - 10; угол захвата $2\Theta_0 - 30^\circ$. Объект исследования пересечёт поле зрения датчика при длине поля зрения, равной поперечному размеру дороги.

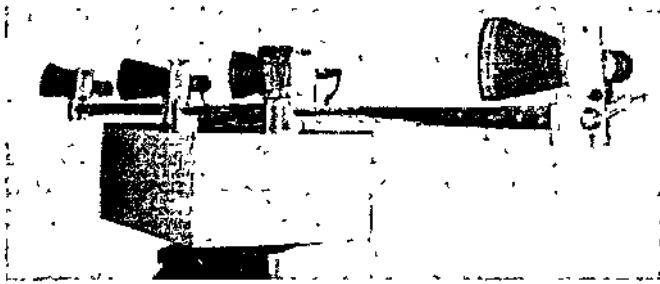


Рис. 3. Оптико-электронный растровый детектор

Поле зрения сориентировано на полосу автомобильного движения, и при пересечении его автомобилем на выходе приемника излучения возникает электрический сигнал. При физическом моделировании процесса регистрации оптических образов автомобилей модели АТС перемещались в поле зрения растра с постоянной скоростью при помощи реверсивного двигателя на базе потенциометра. В качестве моделей были выбраны основные геометрические фигуры - квадрат, круг, треугольник, полукруг, узкий прямоугольник и модель "автомобиль". Выбор в качестве моделей строгих геометрических фигур объясняется следующим:

1. Алгоритм получения образа и свёртки является достаточно сложным, поэтому вопрос об адекватности математического аппарата чрезвычайно важен.

2. Для проверки адекватности были выбраны модели заранее известных формы и размеров.

3. Хорошее соответствие полученных собственных сигналов моделей (математических моделей оптических образов АТС) заранее известной форме исследуемых объектов свидетельствует об адекватности математической обработки.

В работе на трассах и городских улицах была собрана библиотека усреднённых оптических образов, фрагмент которой представлен на рис. 4. Усреднение образов производилось с помощью метода наименьших квадратов многочленом, имеющим вид

$$y(x) = \sum_{j=0}^M a_j x^j. \quad (5)$$





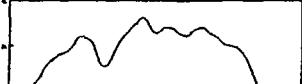

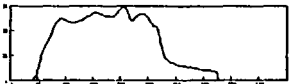
Класс автотранспортного средства	Оптический образ АТС
Легковой автомобиль 	
Грузовой автомобиль 	
Автопоезд 	
Пассажирский транспорт 	

Рис. 4. Фрагмент библиотеки оптических образов АТС

Коэффициенты многочлена a_j вычисляются из решения линейного уравнения:

$$\sum_{j=0}^M a_j \sum_{i=1}^N x_i^{k+j} = \sum_{i=1}^N y_i x_i^k \quad (k=0, 1, 2, \dots, M), \quad (6)$$

где M - степень многочлена; N - число точек.

Применение разработанных алгоритмов математической обработки регистрируемых сигналов даёт возможность идентифицировать АТС по признакам оптических образов в условиях акустических, суточных, погодных и прочих помех на загруженных магистралях.

После анализа образов и предварительной математической обработки выбраны следующие полезные признаки:

а) произведение квадрата амплитудного максимума i_2 (максимальной интенсивности сигнала) и максимального значения по оси абсцисс t (времени существования сигнала);

б) симметрия образов легковых АТС и асимметрия (наличие "провалов") в образах грузовых АТС;

в) по результатам кепстрального анализа - число, ширина и расположение пиков на кепстре;

г) по результатам деконволюции - собственный сигнал АТС.

Регистрация тепловых образов на реальном перегруженном перекрестке затрудняется в случае попадания в поле зрения растра нескольких автомобилей. Происходит наложение тепловых образов, и аппаратура фиксирует некий «размытый» образ, идентифицировать который невозможно. В данной работе проблема разделения сигналов решалась путём применения кепстральной обработки. На рис. 5, а представлен результат наложения тепловых образов автомобиля КамАЗ и троллейбуса. Кепстральный анализ совмещённого сигнала позволяет разделить образы. На рис. 5, б представлен результат кепстрального анализа совмещённого сигнала, на котором четко рафиксированы характерные признаки кепстра ЗИУ-9Б. Таким образом, появляется возможность произвести идентификацию автомобилей на трассе с интенсивным движением.

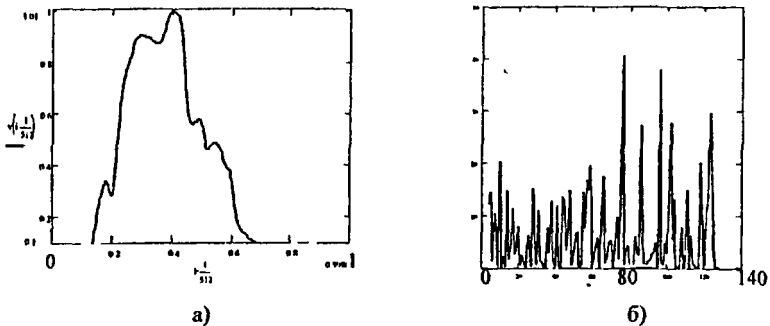


Рис. 5. Кепстральный анализ по разделению сигналов: а - результат наложения тепловых образов автомобиля КамАЗ-5410 и троллейбуса ЗИУ-9Б; б - результат кепстрального анализа полученного сигнала

Количество независимых факторов при распознавании по методу произведений определяется числом классов АТС, подлежащих идентификации. Графическое представление распределения вероятностей АТС по классам иллюстрирует рис. 6. На гистограмме показаны границы между классами - легковой, малотоннажный, грузовой, пассажирский. При разделении образов по трём критериям вероятность ложного заключения равна нулю, определяющее уравнение имеет вид $y = A_{\max}^2 \Delta t$, что по физическому смыслу близко энергии сигнала.

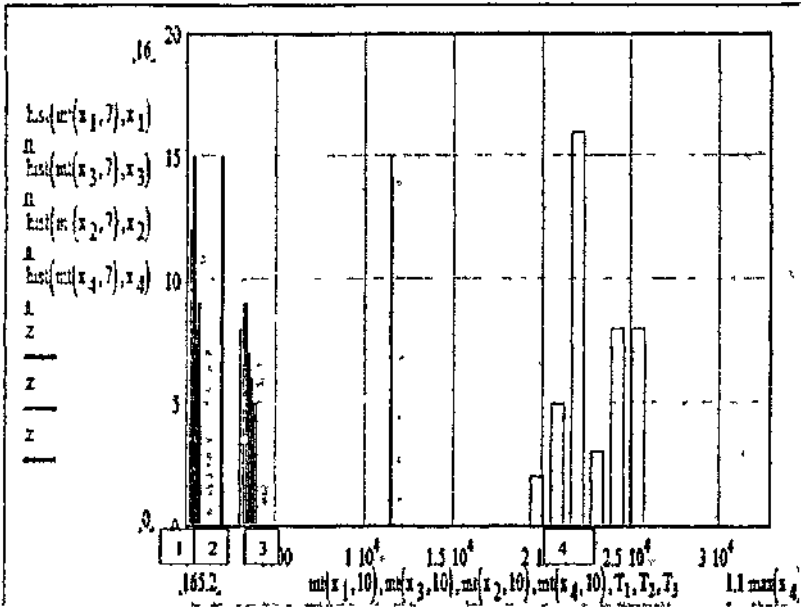


Рис 6 Гистограмма частот объектов 1 – легковой класс АТС, 2 – малотоннажный, 3 – грузовой, 4 – пассажирский

Применение оператора деконволюции позволяет исключить из оптического образа АТС передаточную функцию раstra, оставив собственный сигнал АТС в чистом виде. После математической обработки регистрируемых сигналов были получены собственные сигналы АТС, которые внешне напоминают формы корпуса АТС. Это связано с тем, что растр регистрирует перекрываемый автомобилем оптический фон. Набор собственных сигналов АТС является материалом для работы по идентификации объектов транспорта. Результаты применения разработанной программы по исключению диаграммы направленности раstra, представленные на

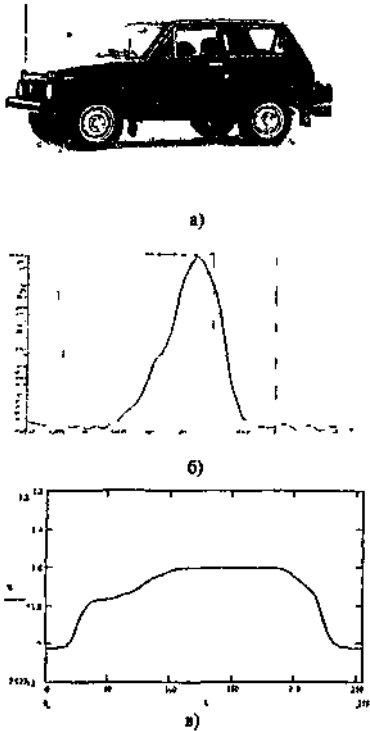
рис. 7, подтверждают вышеизложенное. Анализ данных, представленных на рисунке, показывает, что тепловой образ, зарегистрированный детектором в момент прохождения в поле зрения раstra автомобиля марки

ВАЗ 2121 "Нива" (расстояние между детектором и АТС 100 м), не обладает характерными признаками, позволяющими отнести данный образ к классу легковых автомобилей.

В результате деконволюции получен собственный сигнал АТС, форма которого достаточно точно повторяет форму кузова автомобиля, что может быть использовано в процессе распознавания. Оператор деконволюции позволяет устанавливать детектор в условиях городских улиц и многоэтажных застроек.

Построение автоматического классификатора АТС возможно с применением таксономических критериев группирования. Эксперименты по изучению качественного состава транспортного потока показали, что в качестве признака не может быть выбран отдельно взятый критерий, характеризующий автотранспортное средство. Так, например, габаритная длина в метрах может практически совпадать для АТС различных классов. Регистрация в реальных

условиях показала, что качественный и количественный состав транспортного потока изменяется в зависимости от ранга дороги и времени суток. Этот факт ещё раз доказывает необходимость адаптированных систем организации дорожного движения.



**Рис 7 Результат распознавания
оптического образа автомобиля
ВАЗ 2121 «Нива»:**

- а – фотография автомобиля,**
- б – оптический сигнал,**
- в – результат деконволюции**

В четвёртой главе сформулированы результаты-исследований и даны рекомендации по использованию разработанных методик в решении задач мониторинга транспортных потоков, статистических исследований и организации движения автомобильного транспорта.

В качестве примера по экспериментально полученной зависимости площади оптического сигнала от скорости движения автомобиля построен тарифовочный график, позволяющий определять скорость автомобиля ВАЗ 2121 "Нива". Для этого было рассчитано значение нормированного критерия m . Нормированный критерий представляет собой отношение площади оптического сигнала к максимальной амплитуде при заданной скорости и позволяет определять габаритные размеры и скорость АТС.

$$m = \frac{\bar{A}}{A_{\max}} = \frac{S}{\Delta t A_{\max}} = \frac{v S}{l_a A_{\max}}. \quad (7)$$

Если $m_1 = m_2$, то
$$\frac{[\int A_1(t) dt] v_1}{A_{\max} l} = \frac{[\int A_2(t) dt] v_2}{A_{\max} l}. \quad (8)$$

График, представленный на рис. 8, даёт возможность определять скорость АТС по площади оптического сигнала.

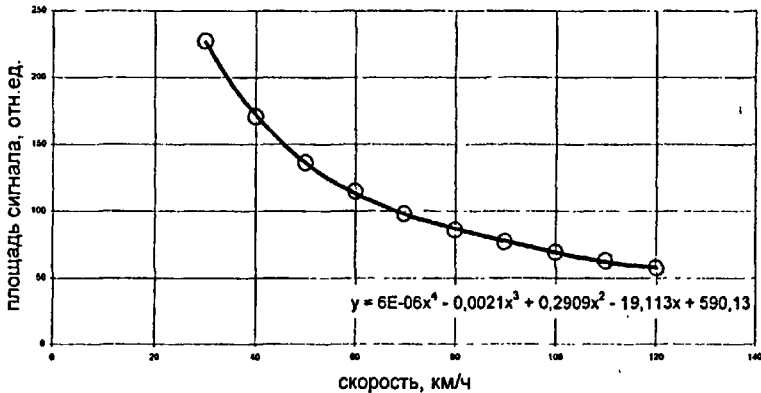


Рис. 8. Тарифовочный график зависимости $S=F(v)$

Разработаны программы идентификации АТС по площади оптического сигнала, определения габаритных характеристик (высоты, длины), основных характеристик транспортного потока с использованием автомобиля-маркера.

В ходе экспериментов была выявлена линейная зависимость между высотой автомобиля и максимальной амплитудой сигналов (рис. 9). В таб-

лице представлены экспериментальные данные по высоте автомобиля и значению амплитудного максимума сигнала.

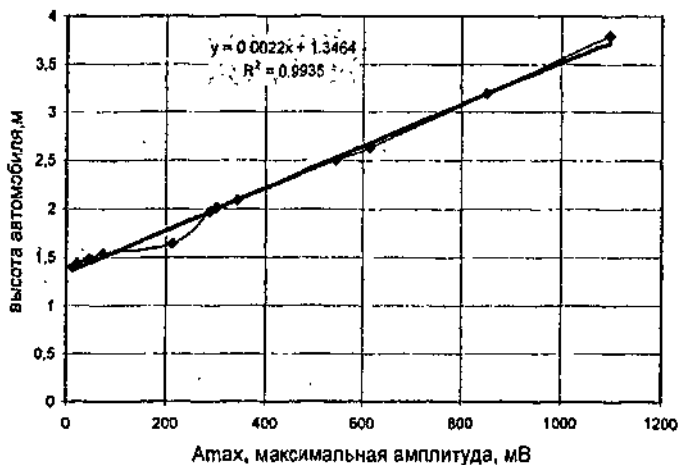


Рис. 9. Тарировочный график зависимости амплитуды сигнала от высоты АТС

Соответствие максимальной амплитуды сигнала габаритной высоте автомобиля

Транспортное средство	А _{max} , мВ	Н, м
ГАЗ 368А	12	1,4
ВАЗ 2106	21	1,44
ГАЗ 3102	43	1,476
Москвич 2140	48	1,48
ГАЗ 2402	72	1,54
ВАЗ 2121	213	1,64
РАФ 2203	389	1,97
УАЗ 469 Б	303	2,015
УАЗ 452В	345	2,09
ГЗСА 891	546	2,5
КрАЗ 257 Б1	615	2,67
Икарус 250	851	3,19
БелАЗ 548А	1096	3,79

Приведенный на рис. 9 график даёт возможность определить высоту автомобиля по значению максимальной амплитуды в сигнале. При этом погрешность определения не превышает 1 - 2 %. Значение коэффициента нормирования по амплитуде может быть получено экспериментальным путём. Для этого измеряют амплитуду и высоту тарифовочного автомобиля.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработана методика распознавания и идентификации автотранспортных средств по их оптическим образам с получением результата обработки сигналов в автоматическом режиме и реальном времени. Вероятностная точность идентификации составляет 87 - 92 %.

2. Создана библиотека усреднённых оптических образов для идентификации АТС, которая позволяет из множества автотранспортных средств выделить оптический образ автомобиля по следующим критериям: значению определяющего произведения, собственному сигналу, нормированному критерию, содержащему информацию о площади АТС (в продольном направлении), его размерах, скорости движения с вероятностью не ниже 87 %.

3. Проведено физическое моделирование процесса регистрации оптических образов автотранспортных средств различной формы. Показана адекватность математического аппарата обработки сигналов при идентификации моделей по их оптическим образам. По результатам экспериментов получены следующие значения нормированного критерия m : для категории M_1 (легковые автомобили) $m = 0,72 \pm 0,23$, для категории N (грузовые) $m = 0,86 \pm 0,14$, для автобусов $m = 1 \pm 0,22$.

4. Предложена классификация автотранспортных средств по таксономическим критериям оптических образов, позволяющая идентифицировать автомобили с вероятностной точностью не ниже 95 %.

5. Показана высокая эффективность применения оператора деконволюции для выделения истинного оптического образа автотранспортного средства при различных условиях установки растрового детектора.

6. Разработана методика применения полученных сигналов для решения конкретных задач автомобильного транспорта: определения интенсивности транспортного потока, плотности потока, скорости автотранс-

портных средств, динамической длины автомобилей, идентификации автотранспортных средств, оценки качественного состава транспортного потока. При этом погрешность в определении параметров транспортного потока не превышает 3 - 5 %.

7. Показано, что параметры оптического образа однозначно связаны с габаритными и скоростными характеристиками автотранспортных средств, что даёт возможность определять скоростной режим автомобиля с погрешностью не более 2 - 4 %.

8. Подтверждена работоспособность предложенных методик в реальных условиях на дорогах и автострадах с определением интенсивности, скорости, плотности и качественного состава автотранспортного потока, что открывает большие возможности по оптимизации управления транспортными потоками и повышению безопасности движения АТС.

9. Обоснована возможность внедрения результатов с незначительными финансовыми и материальными затратами. Стоимость одного комплекта растрового входного блока с персональным компьютерным обеспечением составляет 1 тыс. дол. По сравнению с имеющимися в настоящее время средствами идентификации АТС, при помощи которых решаются узкие задачи автомобильного транспорта, стоимость оптико-электронной системы идентификации АТС в потоке ниже минимум в 10 раз. В качестве примера для сравнения: стоимость российского комплекса идентификации номерных знаков "Поток" и "Паркинг" - 11 - 14 тыс. дол., в зависимости от комплектации.

10. Для повышения точности идентификации автотранспортных средств в дальнейшем необходимо:

- расширить базу данных для идентификации автотранспортных средств зарубежного производства;
- исследовать амплитудные и фазочастотные характеристики фотоприёмника с целью расширения максимального интервала скоростного режима АТС, подлежащего определению.

Содержание диссертации отражено в работах:

1. *Кунин В.Н., Пleshивцев В.С., Маковецкая-Абрамова О.В.* Оптико-электронная система идентификации АТС в транспортных потоках // Автомобил. пром-сть. - 2001. - № 4. - С. 37.

2. *Assoc.Prof Pf.D PLESHIVTSEV V.A., Prof.Dr.Sc. KUNIN V.N., Ass.Prof. MAKOVETSKAYA-ABRAMOVA O.V.* The Solution of Problem of Distance Identification of the Transport Stream Parametres by Applying the

Ruster Optical Electronic Means // PROCEEDING, MOTAUTO 01, Varna, Bulgaria, 2001.

3. *Кунин В.Н., Пleshивцев В.С., Маковецкая-Абрамова О.В.* Использование оптико-электронных устройств на основе многомерного пластинчатого раstra для сбора информации о параметрах транспортного потока // Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог: Сб. науч. тр. / МАДИ (ГТУ); УФ МАДИ (ГТУ).- М., 2001,

4. *Пleshивцев В.С., Кунин В.Н., Маковецкая-Абрамова О.В.* Перемещаемый измерительный комплекс для мониторинга транспортных потоков // Совершенствование мощностных, экономических и экологических показателей ДВС: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Владим. гос. ун-т. - Владимир, 2001.

5. *Кунин В.Н., Пleshивцев В.С., Маковецкая-Абрамова О.В.* Использование ИК-излучения ДВС для решения задачи идентификации транспортных средств // Совершенствование мощностных, экономических и экологических показателей ДВС: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Владим. гос. ун-т. - Владимир, 2001.

6. *Кунин В.Н., Пleshивцев В.С., Маковецкая-Абрамова О.В.* Снижение экологического ущерба от выбросов токсичных веществ в атмосферу за счет оптимального управления транспортными потоками // Совершенствование мощностных, экономических и экологических показателей ДВС: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Владим. гос. ун-т. - Владимир, 2001.

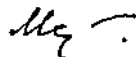
7. *Пleshивцев В.С., Кунин В.Н., Маковецкая-Абрамова О.В.* Перемещаемый измерительный комплекс для мониторинга транспортных потоков // Актуальные проблемы управления качеством производства и эксплуатации автотранспортных средств: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Владим. гос. ун-т. - Владимир, 2002.

8. *Кунин В.Н., Маковецкая-Абрамова О.В.* Применение оператора деконволюции в решении задач идентификации транспортных средств // Актуальные проблемы управления качеством производства и эксплуатации автотранспортных средств: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Владим. гос. ун-т. - Владимир, 2002.

9. *Пleshивцев В.С., Кунин В.Н., Маковецкая-Абрамова О.В.* Мобильный комплекс мониторинга транспортных потоков // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Сб. докл. V Междунар. конф.- СПб.: СПГАСУ, 2002. - С. 224.

10. *Кунин В.Н., Пleshивцев В.С., Маковецкая-Абрамова О.В.* Оператор деконволюции и задача идентификации автотранспортных средств // Автомобил. пром-сть. - 2002.- № 11. - С. 28.

11. *Маковецкая-Абрамова О.В.* Эксперименты с моделями транспортных средств // Материалы науч.-техн. конф. ФИПМ ВлГУ / Владим. гос. ун-т. - Владимир, 2003.



ЛР № 020275. Подписано в печать 24.03.04.

Формат 60x84/16. Бумага для множит, техники. Гарнитура Тайме.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,21. Тираж 100 экз.

Заказ 400-2001/!

Редакционно-издательский комплекс
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.

NR - 2409