

---

УДК 629.33:004.8

М.В. Синдеев

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков*

## **АНАЛИЗ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

*В статье проведен обзор способов использования видеокamer в современном автомобиле, методы использования их в управлении отдельными модулями транспортного средства. Рассмотрены существующие интеллектуальные системы, активно используемые в автомобилях. Также описываются ключевые принципы работы таких систем, их физическое обоснование и тенденции развития. Приведен список мировых производителей, внедряющих такие интеллектуальные системы в свою продукцию.*

**Ключевые слова:** *автомобиль, видеокamera, беспилотный автомобиль, автопарковщик, система ночного видения, интеллектуальная система.*

### **Введение**

**Постановка проблемы.** В настоящее время видеокamеры используются повсеместно, начиная с те-

лефонов, заканчивая робототехникой. Это стало возможным благодаря развитию технологий и науки в целом. Камеру можно сравнить с человеческим глазом, а блок управления камерой – с мозгом. Сущест-

вующие системы вышли из того этапа развития, когда изображение с камеры поступало на экран, а потом обрабатывалось человеком, который принимал соответствующее решение. Теперь интеллектуальные блоки принимают решения вместо человека.

Активно используются камеры и в автомобилестроении. Они выполняют важнейшие функции по расширению возможностей водителя, облегчению управлением транспортным средством. Важнейшим фактором развития этой отрасли является повышение безопасности движения транспортного средства. В последнее время разработано достаточно большое количество методов использования видеокамер в автотранспорте, но множество из них имеет ограниченность в использовании. Поэтому необходимым и актуальным является подробный обзор таких алгоритмов, которые обрабатывают видеосигнал в автомобиле.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В последнее десятилетие компьютерные технологии стремительно развиваются. Этому послужило активное развитие науки и техники. Основную роль в развитии электроники сыграло изобретение транзистора в 1947 году [1]. Автомобиль является сложным механизмом, работоспособность которого трудно представить без электрических схем. Сейчас в автомобилях устанавливаются компьютеры, которые по вычислительной мощности не уступают настольным или ноутбукам. Они позволяют повысить безопасность дорожного движения. Это стало возможным благодаря установке в автомобиле видеокамер [2 – 4]. Audi в 2013 году выпустила концепт системы автоматической парковки, которая была установлена на AudiQ3 [5]. Система с помощью датчиков-радаров и специальных механизмов сама паркует автомобиль на автостоянке, после чего выключает двигатель. Это дает большое преимущество для использования таких систем в условиях города, где приходится парковать автомобили в условиях ограниченного пространства.

**Цель статьи:** изучить тенденции использования видеокамер на автотранспорте.

## Изложение основного материала

**Тенденции развития видеокамер в автотранспортной промышленности.** Мировая тенденция уменьшения техпроцесса не обошла стороной и рынок цифровых видеокамер. Причем уменьшение размера корпуса камеры никак не влияет на качество изображения, которое она захватывает. С разработкой новых матриц разрешение изображения только растет. Это позволяет изготавливать миниатюрные камеры. Производители автомобилей устанавливают такие камеры в свою продукцию. Они выполняют различные роли: запись движения автомобиля (видеорегистраторы), вывод на дисплей «слепых» зон автомобиля, замена зеркал заднего вида и многие другие. Действительно

невероятной является связка камеры с бортовым компьютером. Компания Mercedes связала алгоритмы обработки изображений с модулями автомобиля, что позволило определять на пути движения автомобиля препятствия и своевременно реагировать на них [5].

Активно ведутся разработки в области увеличения быстродействия и уменьшения ошибок в системах автоматической парковки [2 – 4]. Немецкая автомобилестроительная компания в составе концерна Volkswagen nGroup, специализирующаяся на выпуске автомобилей под маркой Audi, в 2013 году выпустила концепт системы автоматической парковки, которая была установлена на AudiQ3 [9]. Система автопилота для парковки автомобиля представляет собой большое количество сенсорных датчиков, которые установлены с внешней стороны кузова. Они отслеживают различные препятствия и полосы движения и передают полученную информацию на специальный электронный блок для ее обработки.

Компьютер парковочной системы обрабатывает данные и передает команды на блоки управления исполнительных механизмов автомобиля: усилитель рулевого управления, системы управления двигателем, коробкой передач и стабилизации. Водителю по подсказкам автопарковщика остается только включать первую или заднюю передачи и нажимать на педали газа и тормоза. Весь процесс маневрирования при заезде на свободное пространство электроника берет на себя.

Актуальность развития этого направления очевидна: экономия времени водителя и парковочных мест в городах. На большинство новых моделей машин марок Volkswagen, Mercedes, Audi, Kia, Ford устанавливаются такие системы.

Инфракрасные лучи не видны человеческому глазу. Поскольку камера захватывает весь спектр света, то на изображении инфракрасные лучи становятся видимыми. Это позволяет устанавливать на автомобиле системы ночного видения [6]. Принцип работы систем ночного видения основан на фиксации инфракрасного (теплого) излучения от объектов с помощью камеры, и проецировании его на экран в виде черно-белого изображения. Система ночного видения предназначена для предоставления водителю информации об условиях движения в темное время суток. Система позволяет распознавать всевозможные препятствия, участников дорожного движения, пешеходов на неосвещенной дороге.

Различают два типа систем ночного видения: активные и пассивные. Активные системы используют дополнительный источник инфракрасного света, устанавливаемый на автомобиль. Они характеризуются высоким разрешением изображения и дальностью работы порядка 150 – 250 м.

Пассивные системы ночного видения не имеют собственного источника инфракрасного излучения.

Тепловая камера фиксирует инфракрасное излучение объектов на расстоянии до 300 м. Они имеют высокий уровень контрастности и низкое разрешение изображения.

Наиболее технически и функционально совершенной системой ночного видения является последняя разработка Mercedes-Benz – система Night View Assist Plus. Помимо стандартных функций информирования водителя, система предупреждает пешеходов о потенциальной опасности. Предупреждение пешеходов об опасности производится путем подачи коротких световых сигналов в сторону пешехода или их освещения в течение пяти секунд фарой автомобиля. При наличии автомобилей впереди или на встречной полосе, система не срабатывает, чтобы не ослеплять других участников движения. Алгоритм программы реализуется при скорости движения более 45 км/ч и расположении пешеходов на расстоянии не более 80 м. Такое техническое решение повышает безопасность дорожного движения. В настоящее время система ночного видения устанавливается в качестве опции на легковые автомобили премиум-класса [7].

Системы управления подвеской. Magic Body Control – так компания Mercedes назвала свою систему, которая в прямом смысле слова смотрит на дорогу перед автомобилем. Она способна распознать неровности и отреагировать на них, подстраивая подвеску. Серийное производство системы было начато в 2013 году и приурочено появлению нового Mercedes S-класса.

До этого момента подвеска автомобиля была пассивной – она реагировала на неровности уже в тот момент, когда дорожное покрытие вынуждало ее к этому. В большинстве случаев работает это достаточно хорошо, но разработчики Mercedes еще в 90-х годах прошлого столетия увидели необходимость в радикальных изменениях. Они создали систему Active Body Control (ABC) – активную подвеску, в которой амортизатор каждого колеса имеет индивидуальную регулировку [5].

Это разрешило извечный конфликт между выбором в пользу комфорта или жесткости подвески для безопасности. В такой системе амортизаторы автоматически изменяют свою жесткость и оптимально реагируют в соответствии с ситуацией, предотвращая даже кивки кузова во время ускорения или торможения.

Следующий этап развития системы является логичным и предсказуемым: распознавание неровностей на дороге дает возможность заранее на них отреагировать, превращая поездку в плавное скольжение [10]. Концерн Daimler представил свой исследовательский автомобиль F700 с лазерной системой сканирования Pre-Scan, которая «рассматривает» дорогу перед автомобилем. Данные поступают в блок управления, который после соответствующего анализа посылает точные команды в систему ABC для подготовки соответствующего амортизатора к предстоя-

щей неровности. Система Magic Body Control способна еще на большее. Два дорогих и тяжелых лазера в ней заменили на стереокамеру. В серийном исполнении камера будет около 20 см в ширину и сможет полностью спрятаться за зеркалом заднего вида в салоне.

Стремительное развитие автомобильных электронных систем делает реальной идею беспилотного автомобиля. Многие автопроизводители и другие компании активно работают над созданием системы автоматического управления автомобилем. Задача решается по двум направлениям:

- комплексная автоматизация автомобиля;
- автоматизация отдельных режимов движения транспортного средства (парковка, движение в пробках, перемещение по автомагистрали).

Комплексный подход к созданию беспилотного автомобиля реализуют только две фирмы – Google и российская компания РобоСиВи. В настоящее время разрабатываются и внедряются различные системы автоматической парковки, обеспечивающие параллельную и перпендикулярную парковку автомобиля в автоматическом режиме. Парковочный автопилот имеют в активе BMW, Ford, Mercedes-Benz, Nissan, Opel, Toyota, Volkswagen.

Дальнейшее совершенствование системы адаптивного круиз-контроля позволяет реализовать автоматический режим движения автомобиля в пробках. В данном направлении работают Audi, Ford. Другим направлением является автоматизация движения автомобиля по автомагистрали. Разработки BMW, Cadillac основываются на существующих системах активной безопасности.

**Система автоматического управления.** В настоящее время система автоматического управления от Google реализована на шести опытных автомобилях Toyota Prius, Lexus RX 450h и Audi TT, которые проехали в беспилотном режиме свыше 450000 км. Для реализации функций автоматического управления система включает в себя следующие входные устройства: лидар, радары, видекамера, датчик оценки положения, инерционный датчик движения, GPS приемник.

Лидар сканирует область вокруг автомобиля на расстоянии более 60 м и создает точную трехмерную картину его окружения. Лидар представляет собой вращающийся датчик на крыше автомобиля.

Радары помогают определить точное положение удаленных объектов. На автомобиле установлены четыре радара, три из которых расположены в передней части, а один радар – сзади.

Видекамера определяет сигналы светофора и позволяет блоку управления распознавать движущиеся объекты, в т.ч. пешеходов и велосипедистов. Видекамера располагается на лобовом стекле за зеркалом заднего вида.

Датчик оценки положения фиксирует движение автомобиля и помогает определить его точное место-

положение на карте. Датчик оценки положения установлен на левом заднем колесе.

Инерционный датчик движения измеряет направление ускорения или замедления, продольный и поперечный крен кузова автомобиля, при его движении. Используется датчик системы курсовой устойчивости.

Сигналы от входных устройств передаются в электронный блок управления, где производится их обработка в соответствии с заложенной программой и формирование управляющих воздействий на исполнительные устройства. В качестве исполнительных устройств используются конструктивные элементы рулевого управления, тормозной системы, системы курсовой устойчивости, системы управления двигателем.

Проект по созданию российского автопилота стартовал в начале 2012 года по инициативе компании РобоСиВи. Система включает два основных блока – навигационный комплекс ГЛОНАСС и комплекс технического зрения. Что входит в комплекс технического зрения, компания пока не раскрывает, говорит только о большом количестве датчиков.

В настоящее время производится тестирование системы на малогабаритной модели, в которой реализованы функции прокладки маршрута, трогания с места, маневрирования, торможения при возникновении препятствия (транспортное средство, люди). Несмотря на то, что российская компания работы начала значительно позже Google, она имеет все шансы добиться конкурентного преимущества за счет невысокой цены (предположительно в 50 раз дешевле Google) и универсальности.

**Система Temporary AutoPilot.** В рамках проекта NAVit (Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport – Высокоавтоматизированные автомобили для интеллектуального транспорта) в 2011 году была представлена полуавтоматическая система Temporary Auto Pilot, TAP (Временный автопилот). Система позволяет водителю в определенных условиях отдать управление автомобилем под контроль автоматики. По своей сути система является промежуточным этапом на пути к роботизированному автомобилю.

Система TAP объединяет в единое целое уже известные разработки Volkswagen: систему адаптивного круиз-контроля, систему помощи движению по полосе, систему распознавания дорожных знаков. В своей работе система Временного автопилотирования использует стандартные входные устройства перечисленных систем активной безопасности: лидар, радар, видеоканеру, ультразвуковые датчики.

Сигналы от входных устройств передаются в электронный блок управления, который с помощью исполнительных механизмов реализует следующие автоматические функции:

- поддержание безопасного расстояния до впереди идущего автомобиля;

- остановка и трогание с места;
- движение по полосе;
- распознавание знаков ограничения скорости и приведение скорости в соответствие с требованиями знака.

Система обеспечивает оптимальную степень автоматизации в зависимости от дорожной ситуации и состояния водителя, тем самым способствует безаварийному движению. Система работает на скорости до 130 км/ч. Система TAP полностью готова для внедрения на серийные автомобили.

**Система Traffic Jam Assistant.** Система Traffic Jam Assistant от Audi – первая серийная система автопилота для движения в пробках. Система автоматически поддерживает дистанцию до впереди идущей машины, тормозит, разгоняется, поворачивает, объезжает препятствия и даже уступает дорогу машинам экстренных служб. Конструктивно автопилот для пробок построен на основе адаптивного круиз-контроля и работает на скорости от 0 до 60 км/ч.

Система объединяет ряд входных устройств: два радара, широкоугольную видеоканеру и восемь ультразвуковых датчиков. Радары сканируют определенные секторы на расстоянии 250 м. Видеоканера определяет дорожную разметку и различные препятствия. Ультразвуковые датчики контролируют пространство спереди, сзади и сбоку автомобиля. В любой момент работы системы водитель может взять управление автомобилем на себя.

**Система Traffic Jam Assist.** Систему автоматического движения в пробках готовит Ford и планирует ее использование на серийных автомобилях к 2017 году. Система Traffic Jam Assist включает радар и камеру, которые отслеживают движение соседних машин. Электронный блок управления выбирает нужную скорость и обеспечивает движение автомобиля в потоке.

**Система Connected Drive Connect.** Компания BMW работает над системой Connected Drive Connect (CDC), предназначенной для движения по автомагистрали. Система CDC включает ультразвуковой датчик, камеру, радары и лидар, сигналы от которых обрабатываются в электронном блоке управления. В результате воздействия на исполнительные механизмы различных систем автомобиля, изменяется его скорость и траектория движения. Помимо этого, система не превышает разрешенной на участке скорости, не производит обгон справа, а также возвращает автомобиль в свой ряд после обгона. В общем, в автопилоте реализован алгоритм идеального водителя. По заявлению компании система пока не готова к серийному применению.

**Система Super Cruise.** Система автоматического управления Super Cruise от Cadillac обеспечивает движение автомобиля по автомагистрали. Она позволяет осуществлять маневрирование, торможение, движение по полосе без участия водителя.

Система построена на ряде готовых решений компании:

- адаптивному круиз-контролю;
- системі автоматичного екстремного торможения;
- системі попередження о столкновении;
- системі допомоги движению по полосе;
- системі допомоги при перестроении;
- системі активного головного света.

Текущее положение автомобиля оценивается с помощью входных устройств – радара, ультразвуковых датчиков, камеры и системы GPS. Разработчик отмечает, что эффективность работы системы зависит от внешних факторов – погода, наличие разметки.

**Система SARTRE.** Интересное решение автоматизации движения автомобиля предлагает компания Volvo. Система Safe Road Trains for the Environment (SARTRE) позволяет нескольким машинам двигаться по дороге в организованной колонне. Автомобили идут за головной машиной, в качестве которой выбирается грузовой автомобиль с водителем-профессионалом. Автомобили выстраиваются с дистанцией 6 м и полностью повторяют движение ведущего грузовика, что позволяет водителем отдохнуть, покушать, поговорить по телефону.

По желанию каждый из автомобилей в любой момент может покинуть группу. Для создания системы SARTRE используются разработки Volvo в области активной безопасности, в т.ч. адаптивный круиз-контроль. В настоящее время система находится в стадии испытаний [7].

## Выводы

Проведенный обзор показывает, что видеокamera в автопромышленности достаточно широко применяются и это направление активно развивается. Ведется улучшение алгоритмов обработки изображений, что в будущем позволит сделать полноценный беспилотный автомобиль. Основной задачей при разработке автомобиля с системой компьютерного зрения является повышение уровня безопасности. Внедрение таких систем позволяет контролировать дей-

ствия водителя на дороге и оповещать его об опасных ситуациях.

## Список литературы

1. Транзистор Изобретение транзистора [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.
2. Reve S.V. Management of Car Parking System Using Wireless Sensor Network [Текст] / S.V. Reve, S. Chouldhri // *International Journal of emerging technology and advanced engineering*. – 2012. – С. 262-268.
3. Alkurdi L.M. Visual Control of an Autonomous Indoor Robotic Blimp [Текст] / L.M. Alkurdi, R.B. Fisher // *Robotic vision: technologies for machine learning and vision applications: сб. статей*. – 2012. – С. 352-370.
4. Petrov P. Automatic parallel parking of car-like mobile robots using saturation control and bang-bang control [Текст] / P. Petrov, L. Dimitrov // *Recent Advances in Circuits, Systems, Telecommunications and Control: сб. статей*. – 2012. – С. 35-42.
5. ABC Active Body Control / MBC Magic Body Control [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://500sec.com/abc-active-body-control-mbc-magic-body-control/>.
6. Chiaberge M. New Trends and Developments in Automotive System Engineering [Текст] / M. Chiaberge. – *InTech*, 2011. – 678 с.
7. Автомобильная система ночного видения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [http://systemsauto.ru/active/night\\_view.html](http://systemsauto.ru/active/night_view.html). – Загл. с экрана.
8. Системы современного автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://systemsauto.ru/>. – Загл. с экрана.
9. Парковка без участия водителя. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://autokadabra.ru/shouts/55561>. – Загл. с экрана.
10. Алексеев В.О. Интерактивный мониторинг автомобильных дорог: монография [Текст] / В.О. Алексеев, О.П. Алексеев, А.А. Видмиш, В.О. Хабаров. – Винница: ВНТУ, 2012. – 144 с.

Поступила в редколлегию 3.09.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. К.В. Аврамов, Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины, Харьков.

## АНАЛІЗ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛІВ

М.В. Сіндєєв

*У статті проведено огляд способів використання відеокamer в сучасному автомобілі, методів використання їх в управлінні окремими модулями транспортного засобу. Розглянуто існуючі інтелектуальні системи, що активно використовуються в автомобілях. Також описуються ключові принципи роботи таких систем, їх фізичне обґрунтування і тенденції розвитку. Наведено список світових виробників, що впроваджують такі інтелектуальні системи в свою продукцію.*

**Ключові слова:** автомобіль, відеокamera, безпілотний автомобіль, автопаркувальник, система нічного бачення, інтелектуальна система.

## ANALYSIS OF COMPUTER VISION SYSTEMS OF MODERN CARS

M.V. Sindyeyev

*The article gives a review of how to use cameras in a modern car, the methods of their use in the management of the individual modules of the vehicle. The existing intelligent systems, widely used in cars. It also describes the key principles of such systems and their physical justification and development trends. Is a list of international manufacturers, implementing such intelligent systems in their products.*

**Keywords:** car, video camera, unmanned car, automatic parking attendant, night vision system, an intelligent system.