

СИСТЕМА РАДИОВИДЕНИЯ “АвтоРадар” УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ АВТОМОБИЛЯ

В. Расторгуев, В. Нуждин,
Н.Сидоров, Ю. Сулимов и др.

Непрерывный рост автомобильных катастроф заставляет ученых всего мира интенсивно искать способы их предотвращения. Проблема обеспечения безопасности транспортного движения особенно остро стоит для условий ограниченной оптической видимости, и решение ее невозможно представить без применения автомобильных радиолокационных средств. Система радиовидения “АвтоРадар”, предлагаемая специалистами Московского государственного авиационного института, обладает большими преимуществами перед оптическими и инфракрасными устройствами этого класса. В перспективе совершенствование “АвтоРадара” приведет к созданию автоматической системы управления автомобилем в любых дорожных, временных и погодных условиях.

формируют сигналы предупреждения об опасной ситуации (опасного расстояния до автомобиля) в процессе движения;

- ❖ многофункциональные системы “радарного зрения – радиовидения”, которые получают большой объем данных и позволяют формировать радиолокационные изображения дороги, других автомобилей, окружающей обстановки, а также измерять необходимые параметры вне зависимости от погодных условий;
- ❖ радиолокационные системы, позволяющие не только получать радиолокационные изображения объекта, но и идентифицировать его тип, вид препятствия, состояние дорожного покрытия и т.д.
- ❖ радиолокационные системы предыдущего типа, но используемые для автономного и автоматического управления автомобилем – наиболее сложный тип систем.

Среди самых простых устройств – датчиков – можно выделить адаптивную систему управления скоростью автомобиля (фирмы Daimler-Benz AG), в которой доплеровская РЛС с частотой 77 ГГц соединена с системами электронного управления и торможения. Основной недостаток этой системы состоит в низкой информативности, обусловленной использованием однолучевого радиолокационного датчика. Для повышения информативности автомобиль оснащают дополнительными оптическими датчиками, что, соответственно, приводит к зависимости эффективности его управления от оптической прозрачности среды и погодных условий.

Более высокой информативностью, а следовательно, и большей эффективностью обладает система автоматического контроля и уп-

Во всем мире по мере развития автомобильной промышленности растут плотность транспортных потоков на дорогах и средняя скорость движения автомобилей, что ведет к увеличению числа автомобильных катастроф. Как правило, причина несчастных случаев – недостаточная информированность водителя о ситуации на дороге, чему способствует ограниченная зона оптической видимости, особенно в ночное время суток, в дождь, туман, снег, при дыме, пыли и т.п. Поэтому сегодня ученые разных стран (России, Германии, Франции, США, Японии) работают над созданием новых информационных систем и датчиков для автомобилей, которые должны снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций, а в будущем полностью заменить водителя.

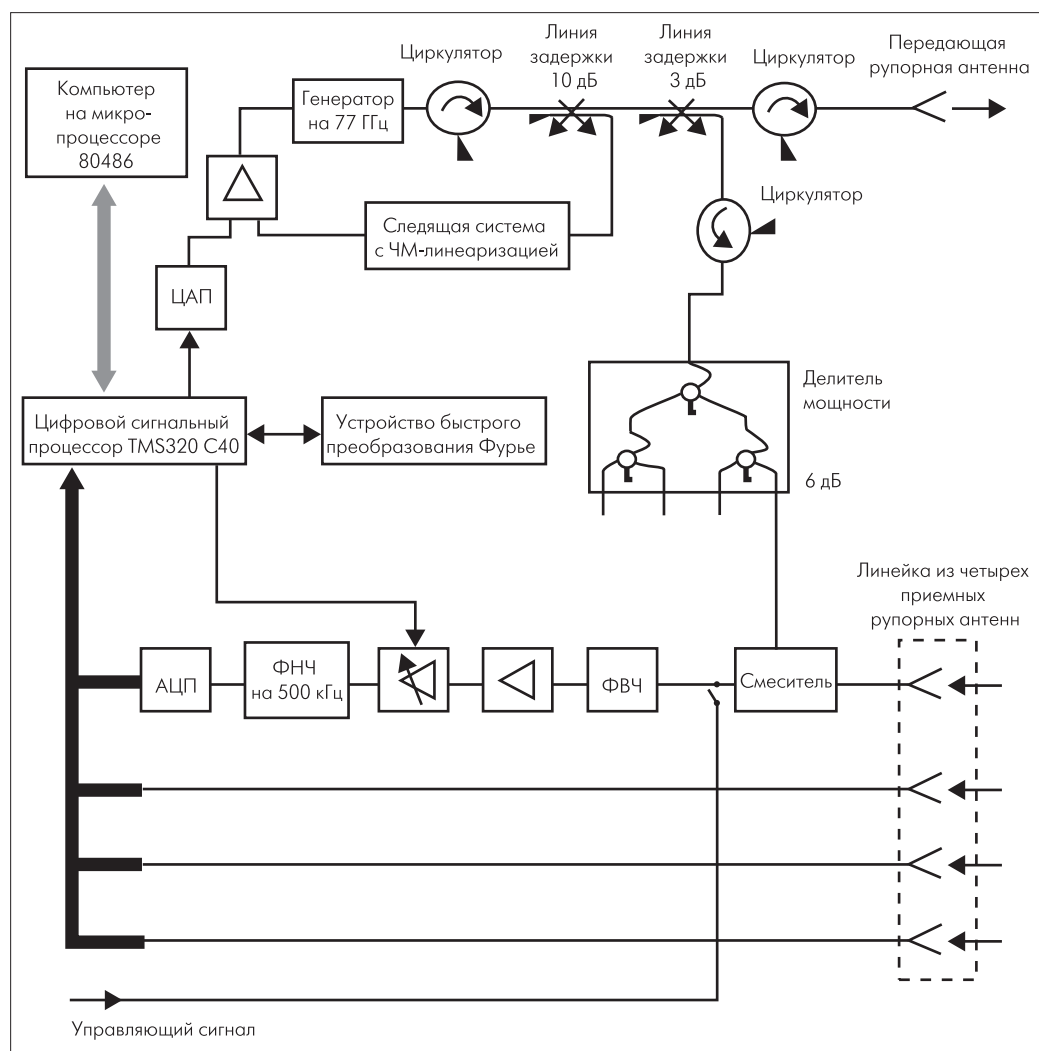
Основу таких информационных систем составляют радиоэлектронные и оптические средства, обеспечивающие обзор и впереди, и сзади, и сбоку автомобиля. В зависимости от сложности и вариантов решения задач разрабатываемые информационные системы для транспортных средств можно разделить на следующие типы:

- ❖ радиолокационные датчики измерения дальности до впереди идущего транспорта и различных препятствий, а также измерения их относительной скорости движения. Это простые устройства, которые решают только часть задачи, а именно – лишь

Представляем авторов

РАСТОРГУЕВ Владимир Викторович. Кандидат технических наук, заведующий кафедрой радиоприемных устройств МАИ. Окончил МАИ в 1972 году. Автор более 70 научных трудов (монографий, статей, докладов и изобретений). Сфера профессиональных интересов – устройство обработки радиолокационных изображений в реальном времени. Контактный телефон: 158-4728.

НУЖДИН Владимир Михайлович. Кандидат технических наук, доцент МАИ. Окончил МАИ в 1963 году. Автор более 50 научных трудов (монографий, статей, докладов и изобретений). Сфера профессиональных интересов – автономные информационно-измерительные радиолокационные системы. Контактный телефон: 158-4084.



дежные и безопасные маневры автомобиля.

Все недостатки, присущие приведенным системам, исключены в **системе радиовидения**, которая использует многолучевые датчики и локаторы, работающие с высокой скоростью обзора пространства. Обладая высокой информативностью, она обеспечивает автоматическое управление автомобилем практически в любых дорожных ситуациях и погодных условиях.

Система радиовидения – качественно новый этап развития радиолокационных систем, предназначенных для применения на наземном транспорте. Здесь объединены достижения в области радиолокации, антенной техники мм-диапазона длин волн, а также программно-аппаратных средств цифровой обработки радиолокационных сигналов. Система радиовидения открывает новый этап в управлении движением транспортных средств в условиях ограниченной оптической видимости и создает предпосылки для создания системы автоматического управления транспортными средствами.

Рис. 1. Структурная схема радиолокационной системы Navlab5

равления движением транспортного средства Navlab5, разработанная в рамках Федерального проекта автоматизации автомобильных дорог США в университете Carnegie Mellon. По мнению разработчиков, система Navlab5 обеспечит автоматическое управление автомобилем в заданной полосе движения, поддерживая необходимый скоростной режим, маневрирование на полотне дороги, объезды препятствий, экстренное торможение. В системе можно выделить несколько функциональных блоков:

- ❖ четырехлучевая радиолокационная система, состоящая из локатора переднего обзора с непрерывным ЛЧМ-зондирующим сигналом, устройства первичной обработки информации, компьютера, управляющего работой локатора, и цифрового сигнального процессора (рис. 1);
- ❖ оптическая система, включающая в себя видеокамеру;
- ❖ навигационная система GPS;
- ❖ блок управления отдельными узлами автомобиля;
- ❖ основной бортовой компьютер, обеспечивающий управление и взаимосвязь всех устройств и блоков.

Четырехлучевой датчик системы, работающий в 4-мм диапазоне радиоволн, характеризуется высоким разрешением по дальности (менее 1 м). Недостаток информационно-измерительной системы Navlab5 – низкая угловая разрешающая способность (ширина диаграммы направленности в азимутальной плоскости – 3°). Это не позволяет с расстояния 50–100 м отдельно наблюдать препятствия, отстоящие друг от друга менее чем на 5 м, и осуществлять на-

Разработанная авторами система радиовидения “АвтоРадар” предназначена для управления автомобилем в условиях ограниченной оптической видимости, когда движение автомобиля при визуальном контроле либо по данным оптических датчиков затруднено, а порой невозможно. Таким образом, “АвтоРадар” не только повышает безопасность движения автомобиля в условиях ограниченной оптической видимости, но и открывает совершенно новые возможности – управление движением в отсутствие оптической видимости.

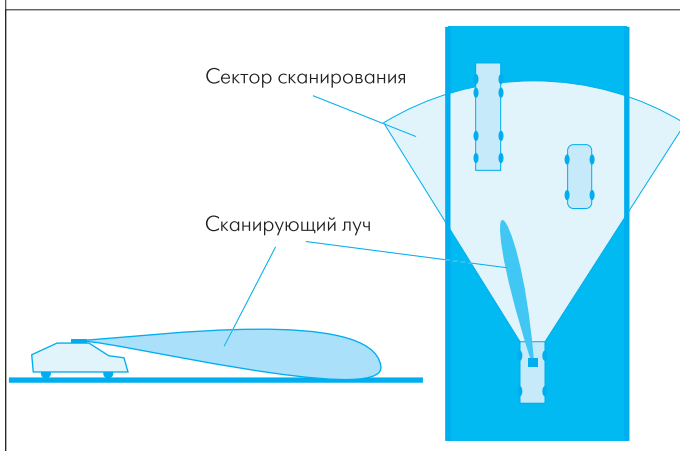


Рис. 2. Зоны сканирования антенны “АвтоРадара”

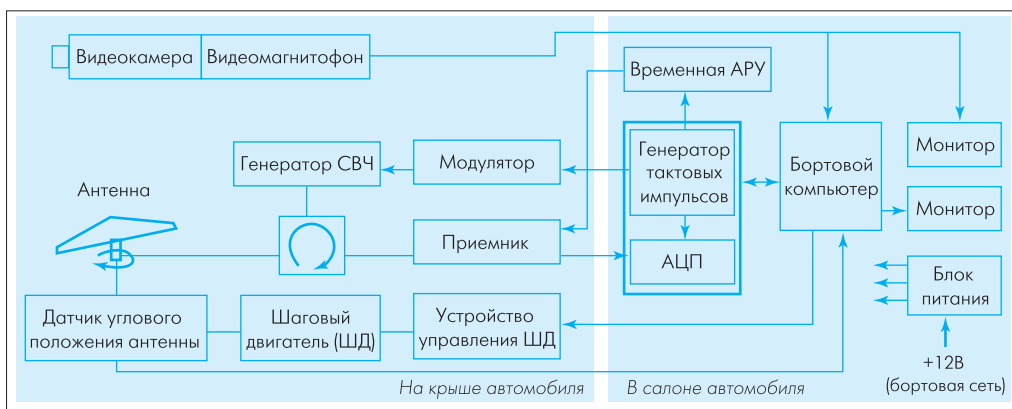


Рис.3. Блок-схема системы радиовидения “АвтоРадар”

“АвтоРадар” формирует в реальном времени радиолокационное изображение местности впереди автомобиля, которое водитель наблюдает на индикаторе, расположенном в салоне. На изображении видны границы автодороги и автомобили на ней в пределах заданной (10–500 м) дальности с учетом динамики движения собственного автомобиля, а также всех движущихся попутных и встречных транспортных средств.

Общий принцип построения и работы антенной и приемопередающей частей “АвтоРадара” основан на традиционной схеме импульсной РЛС кругового обзора. Антенна “АвтоРадара” имеет веерообразную диаграмму направленности, т. е. узкую в азимутальной и достаточно широкую в угломестной плоскостях (рис. 2). При вращении такая антенна обеспечивает не только требуемый обзор в вертикальной и горизонтальной плоскостях, но и измерение азимутальных координат объектов локации.

Экспериментальный образец “АвтоРадара” конструктивно выполнен в виде трех функциональных модулей (рис. 3):

- антенного и приемопередающего модуля;
- специализированного вычислительного модуля;
- индикаторного устройства.

Антенный и приемопередающий модуль устанавливается на крыше (рис.4), а вычислительный и индикаторный модули – в салоне автомобиля. Генератор тактовых импульсов формирует периодическую последовательность импульсов, которые воздействуют на модулятор. Видеоимпульсы последнего модулируют СВЧ-колебания генератора, в результате чего образуются радиоимпульсы, которые через циркулятор поступают в антенну. Отраженные от объектов радиоимпульсы поступают на вход приемника с некоторой задержкой, после чего с помощью АЦП и бортового компьютера преобразуются в двумерное радиолокационное изображение

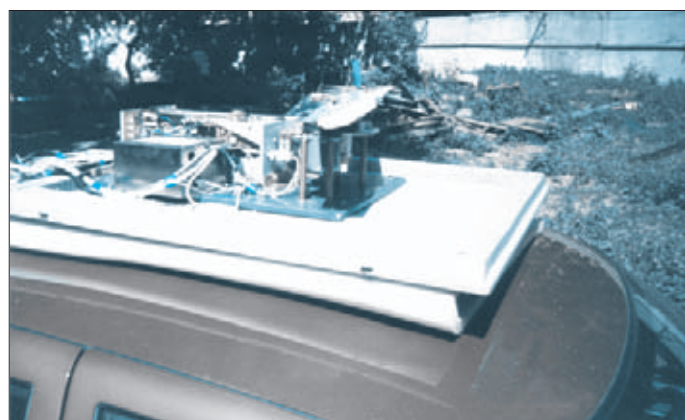


Рис.4. Антенный и приемопередающий модуль (со снятым кожухом)

дорожной ситуации с координатами: по горизонтали – угол азимута, по вертикали – дальность. Препятствия (автомобили, ограждения и т.п.) отображаются в виде ярких отметок на темном фоне.

Экспериментальный образец системы прошел большое число натуральных испытаний, в результате которых были получены синхронные записи оптических и радиолокационных изображений различных дорожных ситуаций (рис. 5 и 6). Проведенные испытания, кроме того, показали:

- в целом “АвтоРадар” и системы подобного класса адекватно решают задачу радиовидения автодороги и могут быть использованы для управления автомобилями в условиях ограничения или полного отсутствия оптической видимости;
 - радиолокационные изображения, формируемые “АвтоРадаром”, дают полное представление об обстановке на трассе – все автомобили наблюдаются четко, по изображению можно проследить направления их движения, отличать встречные, обгоняющие или стоящие автомобили, а также визуально наблюдать в динамике всю дорожную ситуацию;
 - сравнительный анализ энергетических характеристик рассеяния различных целей показал, что эффективная площадь рассеяния цели (автомобиля) зависит от размера автомобиля и его ракурса. Легковые автомобили устойчиво наблюдались на дальностях до 100–150 м, а грузовые – до 200–250 м, также хорошо различались дорожные знаки, ограждения.
- Полученные результаты все же не обеспечивают данной системе широкого применения, что связано с недостаточно высокими ка-

Основные технические характеристики экспериментального образца “АвтоРадара”

Несущая частота	39 ГГц (8 мм)
Тип модуляции	импульсная
Длительность зондирующего импульса	40 нс
Импульсная мощность излучения	40 мВт
Средняя мощность излучения	50 мкВт
Тип антенны	волноводно-щелевая, вращающаяся в горизонтальной плоскости
Эффективная ширина диаграммы направленности антенны	
в азимутальной плоскости	1°
в угломестной плоскости	20°
Коэффициент усиления антенны	400
Сканирование	электромеханическое
Частота сканирования	10–20 Гц
Угол сканирования антенны	
в азимутальной плоскости	±15°
Чувствительность приемника	-90 дБ
Дальность действия	от 5 до 250 м
Разрешающая способность по дальности	6 м
Аналого-цифровой преобразователь	четырёхразрядный
Координаты изображения	дальность–азимут
Размер кадра изображения	64x277 пикселей
Напряжение питания (от бортовой сети)	12 В



Рис.5. Оптическое изображение дорожной ситуации

чеством и информативностью радиолокационного изображения. Для повышения характеристик "АвтоРадара" проводится его техническое усовершенствование, заключающееся в разработке новой антенны с электронным сканированием, переходе в 4-мм диапазон длин волн и применении частотной модуляции. Это повысит разрешающую способность радара до 2 м, предельную дальность до 500 м. При этом масса СВЧ-модуля снизится до 1 кг, а общая масса "АвтоРадара" – до 2 кг.

Совокупность всех этих технических новшеств позволит создать малогабаритный промышленный образец системы радиовидения с высокими тактико-техническими характеристиками, обеспечиваю-

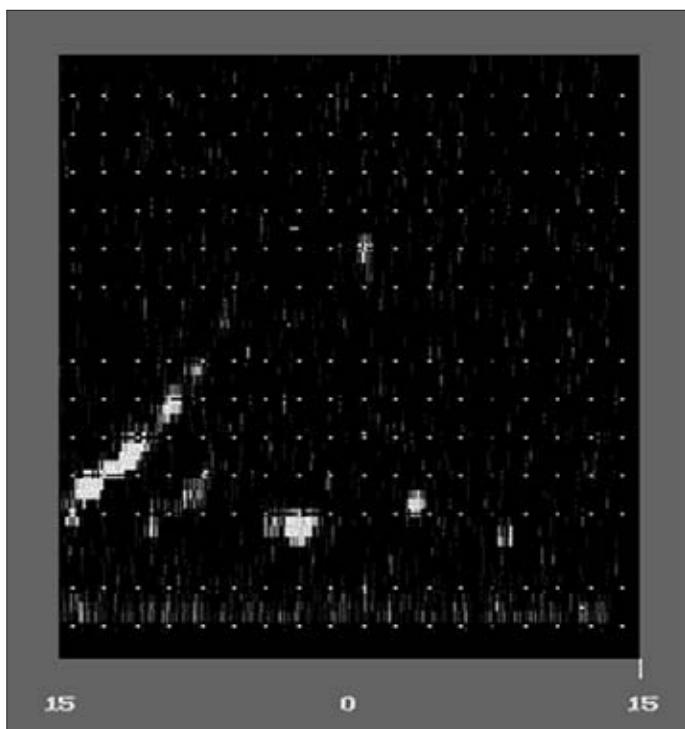


Рис.6. Радиолокационное изображение той же ситуации

щими решение задачи управления автомобилем в условиях отсутствия оптической видимости дорожной обстановки, а также приступить к созданию системы автоматического управления автомобилем.

ЛИТЕРАТУРА

Nujdin V. M., Chukin L. F. Elaboration of a Front Survey Automobile Radar for Movement in the Conditions of Limited Visibility. - Proc. of Third Scientific Exchange Seminar "Radiotechnical Systems and Devices of UHF": TUM, Munich, Germany, 1995.

Klioutcharev M. Yu., Nujdin V. M., Rastorguev V. V., Chukin L. F., Usmanov V. L. – The Experimental Research of a Front Survey Automobile Radar. – Proc. of Fifth Scientific Exchange Seminar "Radiotechnical Systems and Devices of UHF": TUM, Munich, Germany, 1997.

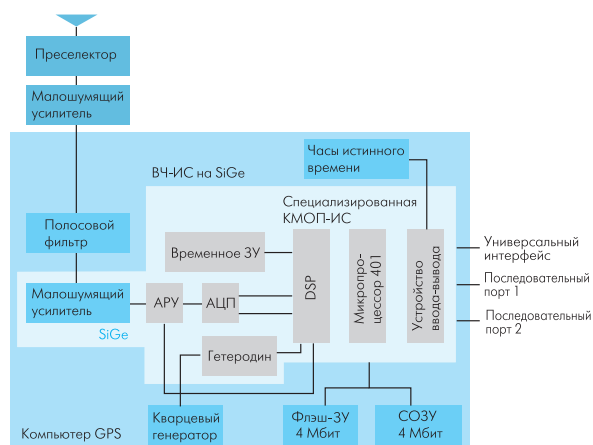
ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес, 1999, №3, с. 42–44.

Dirk Langer. – An Integrated MMW Radar System for Outdoor Navigation. – Tech. Report SMU-RI-TR-97-03, 1997.

Приемник GPS типа IBM43GAENGP001

на SiGe ИС фирмы IBM

Блок-схема приемника



Технические характеристики

- Время до первого определения местоположения в режиме
 - горячий пуск 15 с
 - теплый пуск 40 с
 - холодный пуск 90 с
- Навигационная точность в трехмерном режиме (стандарт SPS) 187 м
- Скорость корректировки решения 1 раз в секунду
- Повторный сбор данных менее 1 с при блокировке в 10 с
- Временная метка 1 раз в секунду
- Напряжение питания постоянного тока ... 3,3 В±5%
- Входной ВЧ-сигнал
 - частота 1575,42 МГц
 - уровень от -100 до -133 дБм
- Габариты 66x40x4,5 мм
- Масса 18 г
- Диапазон рабочих температур от -40 до +85°C