

УДК 621.398:004:629.33-52

Соколов Виктор Геннадиевич, канд. техн. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, praktikatt@yandex.ru

АВТОПИЛОТИРУЕМЫЙ АВТОМОБИЛЬ В СИСТЕМАХ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕЛЕМАТИКИ

Аннотация. В статье обоснована необходимость развития автопилотируемого автотранспорта с целью кардинального повышения безопасности автомобильного движения. Рассмотрены варианты организации взаимодействия автопилотируемых автомобилей. Отмечены основные преимущества, которые дает эксплуатация автопилотируемого транспорта. Показан возможный функциональный состав комплекса управления движением автопилотируемых автомобилей.

Ключевые слова: автотранспортная телематика, безопасность автомобильного движения, взаимодействие автопилотируемых автомобилей.

Sokolov Victor G., Ph. D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, praktikatt@yandex.ru

AUTOPILOT CAR ON MOTOR VEHICLE TELEMATICS SYSTEMS

Abstract. The article substantiates the necessity of the autopilot cars development for a radical increase in the road traffic safety. The autopilot cars modes of interaction are considered. Principal advantages which can be achieved with autopilot car operation are noted. A possible functional composition of a complex for the control of the autopilot cars traffic is shown.

Key words: transport telematics, traffic safety, autopilot cars interactions.

С технической и технологической точек зрения современный автотранспорт обеспечивает пользователям сравнительно высокую безопасность. Тем не менее ежегодные потери на дорогах мира исчисляются более чем миллионом жертв и десятками миллионов пострадавших. Статистические данные, в частности по нашей стране [1], свидетельствуют, что причиной подавляющего большинства дорожно-транспортных происшествий (ДТП) являются водители. Именно водители

представляют самое небезопасное звено в системе «автомобиль – водитель – дорога». Уменьшение негативного действия этого звена может резко повысить безопасность эксплуатации автотранспортных средств (АТС). Сейчас обозначились три направления концентрации основных усилий решения этой задачи (рис. 1).



Рис. 1

Первое, традиционное направление связано с совершенствованием администрирования в автотранспортной отрасли. Регламентация режимов эксплуатации автотранспортных средств, подкрепляемая четкой системой санкций, уменьшает риски опасных действий водителей. Особое значение

может иметь организация непрерывного и повсеместного контроля [2] соблюдения водителями правил дорожного движения (ПДД). С точки зрения подготовки водителей, важным представляется дополнение уже существующих методик интерактивным тренингом на автотренажерах, чтобы уже на начальном этапе лучше закреплять навыки уверенного и ответственного управления АТС. Позитивные результаты действий в первом направлении определяются, прежде всего, снижением рисков субъективного характера, то есть слабой подготовки, недостаточной ответственности или невнимательности водителей. Кардинального улучшения безопасности на первом направлении ожидать, по-видимому, не следует.

Второе направление связано с многофакторной оптимизацией автодорожного движения на основе интеллектуальных транспортных систем [3] с использованием многоуровневой организации мощных вычислительных средств, увязанных в локальные и глобальные сети каналами телематики. Уже на существующем уровне следствием функционирования таких систем является ограничение «авторских» действий водителей, объективно снижая их возможный отрицательный эффект. Оборудование автомобилей ассистирующими устройствами, например АКПП, АБС и т.д., снижают функциональную нагрузку на водителя, тем самым препятствуя части его ошибочных действий. Повышению безопасности эксплуатации способствует и обязательная регистрация автомобилей в информационных сетях [4], обеспечивая автоматический доступ к аварийной связи, удаленному контролю и диагностике. Вполне обоснованы колоссальные материальные ресурсы и усилия, сосредоточенные на данном направлении. Однако высокое качество инфраструктуры и функциональное освобождение нередко стимулируют водителей к другим действиям, отвлекающим от процесса управления. Это, прежде всего, манипуляции с устройствами навигации

и телефонии. Человеку свойственно стремление использовать доступные степени свободы, но в данном случае это осуществляется в конфликте с нормами безопасности. В ряде стран уже приняты жесткие ограничения по манипулированию телефонными и навигационными устройствами водителями во время движения автомобиля. Это четко свидетельствует о системных антагонизмах в традиционной трехзвенной схеме «автомобиль – водитель – дорога».

Постепенно формируется третье направление, базирующееся на переходе к двухзвенной схеме *«умный автомобиль – умная дорога»*. В такой схеме водитель исключается из контура управления, а функции пилотирования автомобилем передаются автоматическим системам. Многочисленные публикации, достаточно представительную подборку которых можно просмотреть, например, через сайт аналитического агентства «Автостат» [5], указывают на устойчивую потребность в реализации так называемого беспилотного управления автомобилями. По прогнозу американского аналитического центра RethinkX [6] к 2030 году до 95% всех маршрутов будет обслуживаться автономными автомобилями, принадлежащими компаниям.

В современном понимании беспилотный автомобиль представляет собой транспортное средство, позволяющее без участия человека-пилота следовать по заданному маршруту с соблюдением правил и дорожных ограничений. Функцией человека является задание конечной точки следования и маршрутных параметров. При этом системы беспилотного автомобиля должны допускать авторизованное непосредственное или удаленное вмешательство в управление. В данном контексте термин «беспилотное управление» представляется не вполне корректным. Физическое отсутствие на борту человека-пилота только условно позволяет отнести транспортное средство к категории беспилотных, так как пилотирование может быть, например, дистанционным. Также

не бесспорным является термин «автономное управление». Автономность можно рассматривать как отсутствие коммуникации бортовых систем с внешними системами или информационными сетями. В этом смысле множество транспортных средств сейчас вполне автономны. Если автономность рассматривать как независимость от человека, то задание конечной точки маршрута и маршрутных ограничений, осуществляемое человеком, и определяет конкретную реализацию функции управления.

По-видимому, точнее определять режим беспилотного управления как автопилотирование, то есть движение в режиме автоматического управления автомобилем. При автопилотировании, по заданию человека непосредственно на борту или дистанционно, система управления самостоятельно прокладывает маршрут, поддерживает маршрутную траекторию и параметры движения, непрерывно автоматически адаптируя и актуализируя эти параметры в зависимости от дорожно-транспортной ситуации для оптимальной реализации целевой функции, например по критерию энергозатрат.

Автопилотирование может осуществляться с помощью бортовых систем автономного характера или являющихся подсистемами сетевых структур более высокого порядка. Выбор определяется сферой применения конкретного типа автопилотируемых автомобилей. Если рассматривать, например, карьерный автотранспорт, выполняющий задачу доставки добытого материала от экскаватора до дробилки, то управляющий автомат может быть полностью автономен. Текущее местоположение может определяться с помощью локальных реперных устройств. В случае, когда автопилотируемый автотранспорт используется в массовом порядке и на значительные расстояния, обязательным является подключение бортовых систем каждого автомобиля к сетевым структурам.

Ссылки на возможные технические сбои, как причину повышенной опасности автопилотирования, не вполне состоятельны. Для современных

автомобилей, насыщенных микроэлектронными и электромеханическими устройствами, движущихся на высоких скоростях в плотных потоках, доля происшествий, связанных с отказами бортового оборудования, в сравнении с долей, обусловленной человеческим фактором, невелика и постоянно снижается. При автопилотировании дополнительное воздействие на безопасность автотранспорта могут оказывать надежность и корректность работы каналов телекоммуникации. Практика показывает, что, несмотря на возможность несанкционированных действий или технических сбоев в системах телекоммуникации, большинство пользователей доверяют своё благополучие и безопасность локальным и глобальным информационным сетевым сервисам. В среде автопилотирования, субъективно оцениваемой как относительно опасной, достаточная адекватность реакций на затухание или некорректность сигналов в каналах телематики может достигаться применением многоуровневых адаптивных алгоритмов формирования команд управления. Приоритетный рубеж защиты должен базироваться на бортовых радарных комплексах и аппаратно-программных средствах блокирования конфликтующих команд и данных. Несмотря на отчетливо обозначенные юридические проблемы реализации автопилотирования, технические компоненты автопилотов постоянно совершенствуются и уже достаточно практически проработаны. В целом на транспорте, например в авиации или кораблевождении, элементы автопилотирования применяются давно и вполне успешно.

Главной технической проблемой сейчас представляется создание устойчивой системы взаимодействия автопилотируемых АТС при их одиночном или массовом движении. При этом подходы к решению этой проблемы принципиально отличаются для полностью беспилотной среды или смешанной пилотно-беспилотной среды.

В полностью автопилотируемой среде топологии структур систем управления движением АТС могут формироваться аналогично структурам

централизованных или децентрализованных многопроцессорных сетей. В любом случае: один автомобиль – один процессор.

В децентрализованной структуре попутно движущиеся АТС по индивидуальным каналам, например в стандарте Wi-Fi, обмениваются уже прописанными на актуальных электронных картах маршрутными данными по топологии «каждый со всеми». Число АТС в информационно взаимодействующем пакете, естественно, ограничивается минимальным уровнем мощности радиосигналов. То есть для стандарта Wi-Fi такой пакет не будет превышать двадцать АТС на одну полосу движения. Границы текущего пакета для каждого АТС определяются собственным местоположением. Кроме того, каждый автомобиль «видит» через сеть общее распределение АТС на своем маршруте. В результате такой «осведомленности» о траекториях движения и предстоящих маневрах соседей каждому автомобилю либо задается иерархический лидер, за которым необходимо следовать на данном участке пути, либо этот автомобиль сам назначается лидером на некотором протяжении своего маршрута. Приоритеты в иерархии могут определяться, например, следующим образом: главное тот, кто впереди, затем тот, кто покидает поток → тот, кто совершает маневр → тот, кто примыкает к потоку → тот, кто находится правее → и т.д. Команды процессора с более высоким приоритетом обязательны для процессора с более низким приоритетом. Таким образом, формируются *командные цепи подобно поводкам в ездовых упряжках* произвольной длины. Маршрутная предсказуемость позволяет на каждом участке следования автоматически задавать продольное и поперечное взаимное размещение автомобилей на дорожном полотне и обеспечивать безопасное маневрирование. Любые конфликты приоритетов должны быть алгоритмически исключены. Одиночно движущиеся АТС рассматриваются как естественные лидеры, реализующие оптимальное и безопасное поддержание своей маршрутной траектории.

В централизованной структуре управление движением АТС может осуществляться на основе централизации бортовых систем относительно локальных процессорных станций поддержки автопилотируемых АТС, реализующих мощные программы генерирования команд для каждого автомобиля. Все АТС, зарегистрированные в зоне ответственности конкретной станции, в режиме реального времени передают на станцию свои маршрутные данные. В ответ каждый автомобиль получает либо позывной код своего собственного лидера, за которым необходимо следовать на конкретном отрезке маршрута, либо разрешение на свободное следование по своему маршруту. Размещение процессорных станций поддержки и процедура передачи управления между ними может быть организована аналогично современным сотовым сетям.

Очевидно, что в среде автопилотирования человек-водитель является «дезорганизующим» элементом, так как его действия носят субъективный «несистемный» характер. Организация совместного движения АТС под управлением автоматических систем и водителей является сложной задачей, для решения которой должны быть приняты очень жесткие ограничения на действия человека и сведена к минимуму или полностью исключена конкуренция человека и автопилота.

Наивысший приоритет для поддержания безопасного движения автопилотируемых АТС должны иметь сигналы бортовых радарных систем и реперных маяков точного позиционирования. Нарушения системной организации, вызванные техническими проблемами отдельных автомобилей должны немедленно идентифицироваться, а проблемные автомобили выводиться из потоков. Сбои, возникающие в навигационных или коммуникационных сетях, должны алгоритмически компенсироваться бортовыми автопилотами либо полностью блокировать движение АТС в режиме автопилотирования.

Комплекс управления автомобилем в полностью автопилотируемой среде может иметь структуру, показанную на рис. 2.



Рис. 2

В состав комплекса входят:

- глобальные сети навигации и коммуникации, обеспечивающие генерацию данных для определения текущего местоположения; связь с техническими, аварийно-спасательными и диспетчерскими службами;
- актуальные высокоточные многослойные электронные карты, гарантированно поддерживаемые авторизованными службами;
- службы управления транспортными потоками, формирующие граничные предписания для бортовых устройств маршрутизации;
- специализированные дорожные реперные устройства, обеспечивающие высокоточное позиционирование автомобилей;

- локальные станции управления, обеспечивающие программную и алгоритмическую поддержку автопилотируемых автомобилей;
- бортовые навигационно-коммуникационные блоки, вычисления текущих траекторий и относительного размещения автомобилей на дорожном полотне, связи с удаленной службой диспетчеризации;
- бортовые блоки обмена данными с попутным автотранспортом и локальными станциями управления автопилотируемым транспортом по специализированным индивидуальным радиоканалам;
- бортовые акустические и электромагнитные радарные блоки для обнаружения препятствий на пути следования, обеспечение безопасных дистанций и интервалов с попутным транспортом;
- бортовые системы и устройства контроля параметров движения и режимов работы агрегатов автомобиля;
- бортовые блоки автоматической генерации команд управления агрегатами автомобиля для безопасной реализации заданного маршрута.

Автопилотирование, реализуемое в массовом порядке, может кардинально повысить безопасность дорожного движения, а также стабилизировать и увеличить среднюю скорость движения автомобилей, повысить плотность потоков и пропускную способность дорог. Это достигается за счет предсказуемости действий АТС и естественными преимуществами автоматических систем, связанных со скоростным информированием и мгновенными ответными реакциями.

Автопилотирование уменьшит число автомобилей в индивидуальном владении, например, путем развития беспилотного «каршеринга». В результате повысится коэффициент использования АТС, что в целом уменьшит количество эксплуатируемых АТС. Беспилотный «каршеринг» улучшит юридическую прозрачность автопилотирования и позволит решить стремительно нарастающую проблему крайне низкого качества вождения в пилотируемом «каршеринге».

Глобальное автопилотирование приведет к полной перестройке дорожной инфраструктуры. Дорожные знаки, светофоры, разметка, освещение, разделители полос, ограничители движения, табло и другие устройства кардинально трансформируются или полностью исчезнут.

Заключение

Широкое внедрение и совершенствование систем телематики на автомобильном транспорте [7] реально имплантирует весь автотранспорт в информационные сети. Важнейшим практическим подтверждением является принятое в нашей стране решение об обязательном оснащении вновь производимых или импортируемых автомобилей системами экстренного реагирования на аварии. В комплексе с другими сервисами это создает мощные предпосылки продвижения автопилотирования на транспорте, что позволит:

- кардинально повысить безопасность дорожного движения;
- стабилизировать и увеличить среднюю скорость движения;
- повысить пропускную способность дорог;
- уменьшить общее число эксплуатируемых автомобилей;
- снизить энергоемкость автотранспорта и др.

Основной функцией автотранспортной телематики может стать текущее сопровождение автопилотируемых транспортных средств.

Список литературы

1. URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 20.02.2018).
2. Соколов, В.Г. Удаленный контроль параметров движения автомобиля / В.Г. Соколов // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2017. – № 2 (12). – С. 13.
3. Жанказиев, С.В. Интеллектуальные транспортные системы: учеб. пособие / С.В. Жанказиев. – М.: МАДИ, 2016. – 120 с.

4. Соколов, В.Г. Автомобиль в современной информационной среде / В.Г. Соколов // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2017. – № 2 (12). – С. 1.

5. URL: <https://www.autostat.ru/articles/> (дата обращения: 20.01.2018).

6. URL: <https://www.rethinkx.com/> (дата обращения: 27.10.2017).

7. Отраслевые требования к проектированию и внедрению систем телематики на автомобильном транспорте: учеб. пособие / В.М. Власов, Д.Б. Ефименко, В.Н. Богумил, И.В. Конин. – М.: МАДИ, 2016. – 100 с.

References

1. URL: <http://stat.gibdd.ru/>

2. Sokolov V.G. *Avtomobil. Doroga. Infrastructura*, 2017, no. 2 (12), p. 13.

3. Zhankaziev S.V. *Intellektualnie transportnie sistemy* (Intelligent transport systems), Moscow, MADI, 2016, 120 p.

4. Sokolov V.G. *Avtomobil. Doroga. Infrastructura*, 2017, no. 2 (12), p. 1.

5. URL: <https://www.autostat.ru/articles/>

6. URL: <https://www.rethinkx.com/>

7. Vlasov V.M., Efimenko V.M., Bogumil V.N., Konin I.V. *Otraslevie trebovania k proektirovaniu I vnedreniu system telematiki na avtomobilnom transporte* (Industrial requirements for the design and implementation of the road transport telematics systems), Moscow, MADI, 2016, 100 p.