

УДК 629.113

DOI: 10.25559/SITITO.14.201803.727-736

АРХИТЕКТУРА АВТОНОМНЫХ (БЕСПИЛОТНЫХ) АВТОМОБИЛЕЙ И ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.А. Климов¹, О.Н. Покусаев^{1,3}, В.П. Куприяновский^{1,2}, Д.Е. Намиот^{2,1}

¹ Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва, Россия

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

³ Российская академия транспорта, г. Москва, Россия

ON ARCHITECTURE OF AUTONOMOUS (DRIVERLESS) CARS AND INFRASTRUCTURE FOR THEIR OPERATION

Alexander A. Klimov¹, Oleg N. Pokusaev^{1,3}, Vasily P. Kupriyanovsky^{1,2}, Dmitry E. Namiot^{2,1}

¹ Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

³ Russian Transport Academy, Moscow, Russia

© Климов А.А., Покусаев О.Н., Куприяновский В.П., Намиот Д.Е., 2018

Ключевые слова

Автономные автомобили;
архитектура;
инфраструктура.

Аннотация

Статья посвящена архитектуре автономных (беспилотных) автомобилей, а также инфраструктуре для их эксплуатации. Автоматизированные транспортные средства обладают большим потенциалом для преобразования нашей жизни, создания умных городов и обеспечения эффективности в транспортировке людей и товаров. Однако, и потенциальный вред может быть намного больше, чем у исторических ошибок данных, связанных с мобильными устройствами, ноутбуками, рабочими местами или облачными технологиями. В работе используется термин CAV (Connected Autonomous Vehicles). В работе рассматривается основная физическая экосистема типичного автономного транспортного средства, которая включает в себя глобальную систему позиционирования (GPS), лидары, камеры, ультразвуковые и радиолокационные датчики, выделенные приемники связи. Конечно, отдельными физическими устройствами и необработанной информацией невозможно управлять во время движения, поэтому на CAV нужна компьютерная система, которая должна уметь взаимодействовать с внешним миром с очень малой задержкой. В работе рассматриваются уровни развития CAV, показано, что из органов человеческого восприятия мира в процессе вождения заменяет CAV. Также приведен сравнительный анализ сильных и слабых сторон по различным аспектам функции распределения между людьми и аппаратно-программными системами, а также оценка производительности датчиков во время движения по отношению к человеческому глазу. Обсуждается процесс поиска оптимальности этого взаимодействия. При этом CAV будут зависеть не только от физической, но и от цифровой инфраструктуры. Крайне важно, чтобы мы начали понимать необходимые изменения в планировании и проектировании инфраструктуры. Например, транспортные средства будут взаимодействовать и обмениваться данными друг с другом, а также обмениваться данными с инфраструктурой, такими как светофоры и указатели для пешеходов. Чтобы этот обмен был надежным, мы должны полностью учитывать как необходимые данные, так и их передачу.

Об авторах:

Климов Александр Алексеевич, кандидат технических наук, первый проректор, Российский университет транспорта (МИИТ) (127055, Россия, г. Москва, Минаевский пер., д. 2), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1769-5406>, aaklimov1961@gmail.ru

Покусаев Олег Николаевич, кандидат экономических наук, директор Центра высокоскоростных транспортных систем, Российский университет транспорта (МИИТ) (127055, Россия, г. Москва, Минаевский пер., д. 2); главный исполнительный директор Российской академии транспорта (107078, Россия, г. Москва, ул. Маши Порываевой, д. 34, блок 1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6916-8897>, o.pokusaev@rut.digital

Куприяновский Василий Павлович, эксперт Центра высокоскоростных транспортных систем, Российский университет транспорта (МИИТ) (127055, Россия, г. Москва, Минаевский пер., д. 2); Научно-образовательный центр компетенций в области цифровой экономики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д.1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3493-8729>, v.kupriyanovsky@rut.digital

Намиот Дмитрий Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории открытых информационных технологий, факультет вычислительной математики и кибернетики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д.1); Российский университет транспорта (МИИТ) (127055, Россия, г. Москва, Минаевский пер., д. 2), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4463-1678>, dnamiot@gmail.com



Keywords

Autonomous cars; architecture; infrastructure.

Abstract

The article is devoted to the architecture of autonomous (unmanned) vehicles, as well as the infrastructure for their operation. Automated vehicles have great potential to transform our lives, create smart cities and ensure efficiency in transporting people and goods. However, potential harm may be much greater than historical data errors associated with mobile devices, laptops, workstations, or cloud technologies. The term CAV (Connected Autonomous Vehicles) is used in this work. The paper considers the main physical ecosystem of a typical autonomous vehicle, which includes the global positioning system (GPS), LIDARs, cameras, ultrasonic and radar sensors, and dedicated communication receivers. Of course, individual physical devices and raw information cannot be controlled while in motion, therefore, CAV needs a computer system that should be capable to interact with the outside world with a very low latency. The paper examines the levels of CAV development and shows that it replaces CAV from the organs of human perception of the world in the process of driving. It also provides a comparative analysis of strengths and weaknesses in various aspects of the distribution function between people and hardware-software systems, as well as an assessment of the performance of sensors during movement with respect to the human eye. The process of finding the optimality of this interaction is discussed. In this case, CAV will depend not only on the physical but also on the digital infrastructure. It is imperative that we begin to understand the necessary changes in infrastructure planning and design. For example, vehicles will interact and exchange data with each other, as well as exchange data with infrastructure, such as traffic lights and pedestrian signs. For this exchange to be reliable, we must fully take into account both the necessary data and their transfer.

Введение

Подключенные, частично и полностью автоматизированные транспортные средства обладают потенциалом для преобразования нашей жизни, создания настоящих умных городов и обеспечения безукоризненной эффективности в транспортировке людей и товаров по суше и в будущем, в воздухе и даже в воздушном пространстве. Однако, когда что-то идет не так, потенциальный вред может быть намного больше, чем у исторических ошибок данных, связанных с мобильными устройствами, ноутбуками, рабочими местами или облачными технологиями.

Потенциальный вред варьируется от отвлечения внимания водителя до распределенного отказа в обслуживании (DDoS) и вымогательства, материального ущерба и телесных повреждений, до смерти и дестабилизации критической транспортной инфраструктуры. Транспортные средства сами обладают огромным весом и перевозят опасные и особо опасные грузы, и эта ситуация, которая вряд ли кардинально изменится в ближайшем будущем. Для конкретности изложения мы выбрали наиболее массовое и быстро развивающееся направления наземного транспорта – автомобили и то, что сегодня определяется как переход к AV (автономным автомобилям) и CAV (Connected Autonomous Vehicles - связанным автономным автомобилям). Далее в статье мы будем называть их CAV. Прогноз их появления, взятый из [1, 2, 3], мы свели к тому, что 10 миллионов автономных транспортных средств будут ездить на дорогах к 2020 году.

Это дополнит уже имеющийся узкоспециализированный парк этих автомобилей в горнорудной промышленности [4], сельском и лесном хозяйствах [5], и, конечно, в логистике [6]. В итоге, согласно [1,2,3]:

- Через 10 лет полностью автономные транспортные средства станут нормой;
- к 2050 году AVs будет генерировать годовой доход в размере 7 триллионов долларов США;
- Широкое распространение AV- может привести к сокращению автомобильных аварий на 90%.

Обратим внимание читателя на то, что еще в 2014 году в своем исследовании очень успешная в логистическом бизнесе компания DHL [6] предположила появление целого спектра CAV на грузовых дворах, в портах и на дорогах мира (рисунок 1), а не менее известная в мире бизнеса компания Lloyd's [7] опубликовала в том же 2014 году объемную работу по рискам и страхованию CAV. Таким образом, истории практического использования CAV уже более десяти лет, и, соответственно, столько же лет страхованию и оценке рисков, но пока эта история проходила в не столь заметных обычным людям местах.

Когда мы будем употреблять слово CAV, то его значение будет зависеть от контекста, и это может быть автомобиль, внешняя инфраструктура для его движения и т.п. Надеемся что это не вызовет трудностей восприятия, но такой подход позволил существенно сократить объем текстового изложения. По возможности и по той же причине экономии своего и читателя времени, мы также подобрали наиболее подходящие рисунки и таблицы для иллюстрации изложенного.

Впрочем, сегодняшнее близкое к технологическому и экономическому взрыву состояние CAV в мире происходит в очень глобализованной автомобильной индустрии, которая уже следует огромному числу согласованных стандартов и регламентаций, и мы постараемся также этому следовать, так как сегодня этот бизнес без этого невозможен.

Из чего состоит сегодня CAV физически, как автомобиль

Лучше всего на наш взгляд отражает сегодняшнее состояние CAV рисунок 2, которые мы взяли с обложки очень интересного издания США о подготовке обществ США к CAV Американской ассоциации планирования [8]. Этот рисунок 2 отражает простую истину цифровой и электронной становится как сам автомобиль так дорога и ее окружение. Финальный результат не известен и, вовсе не потому, что нет решений, просто их спектр должен укладываться в жесткие экономические рамки, так как это массовое производство, пожалуй, самого дорого массового движимого имущества в мире, и вопросы цены на этом рынке имеют огромное значение.

Как представляют сегодня CAV по внешним коммуникациям,



мы попробовали показать на рисунке 3. Детализацию физических устройств для автономности мы показываем на рисунке 4, а удивительный внутренний мир соединений CAV на рисунке 5.

Основная физическая экосистема автономного транспортного средства сегодня это:

- Глобальная система позиционирования (GPS)
- Обнаружение света и дальности (LIDAR)
- Камеры (видео)
- Ультразвуковые датчики
- Центральный компьютер
- Радиолокационные датчики
- Выделенный приемник ближней связи (не изображен)

Ключевые физические компоненты автономных транспортных средств

- Камеры. Обеспечьте обнаружение препятствий в режиме реального времени для облегчения смены полос движения и информации о проезжей части дороги (например, дорожных знаков).
- Радар - Радиоволны обнаруживают короткую и дальнюю глубину картины.
- LIDAR - измеряет расстояние, освещая мишень импульсным лазерным излучением и измеряя отраженные импульсы с помощью датчиков, чтобы создать 3-мерную карту области движения.

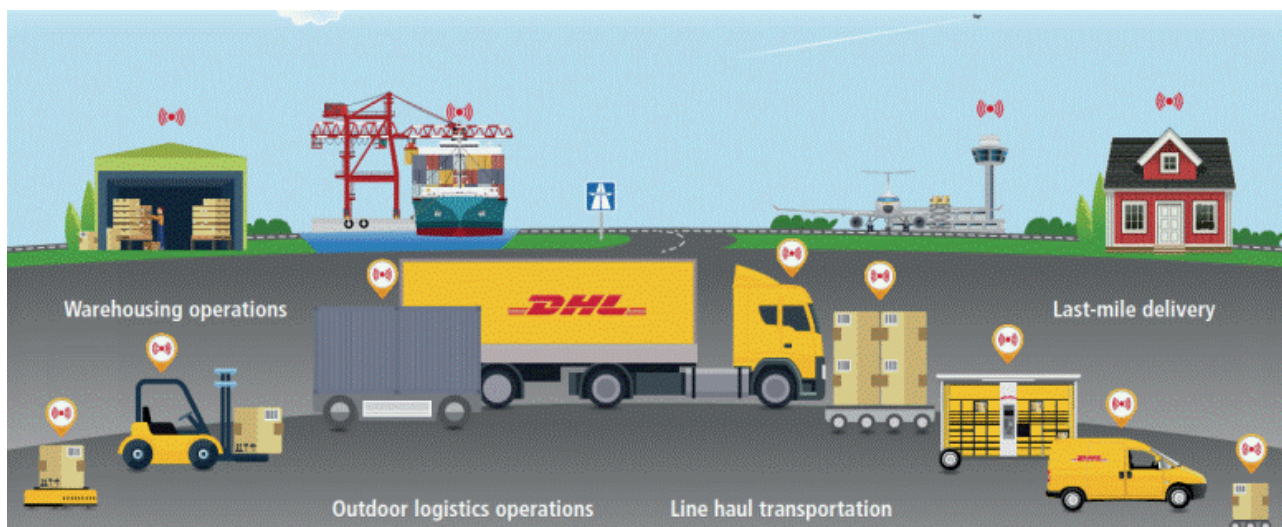


Рис. 1. Обзор самодвижущихся (CAV) транспортных средств в логистике [6].

Fig. 1. Overview of self-driving vehicle applications in logistics [6].

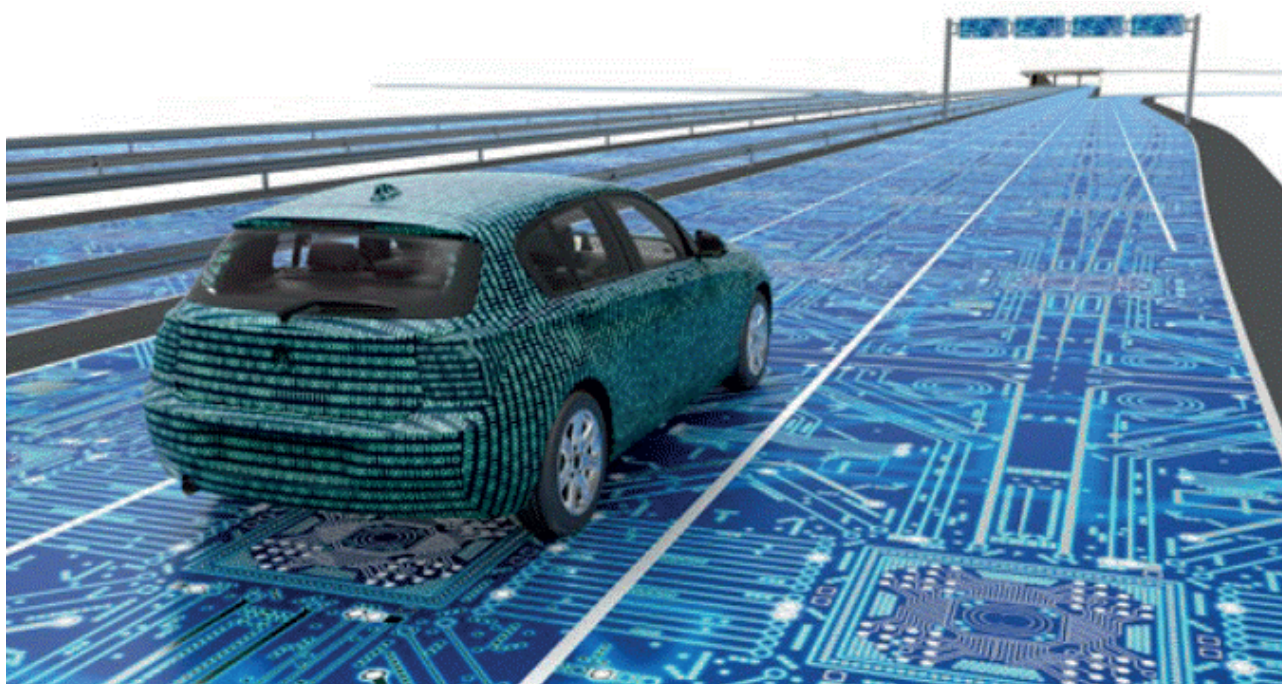


Рис. 2. Цифровой CAV на цифровой дороге [8].

Fig. 2. Digital CAV on the digital road [8].



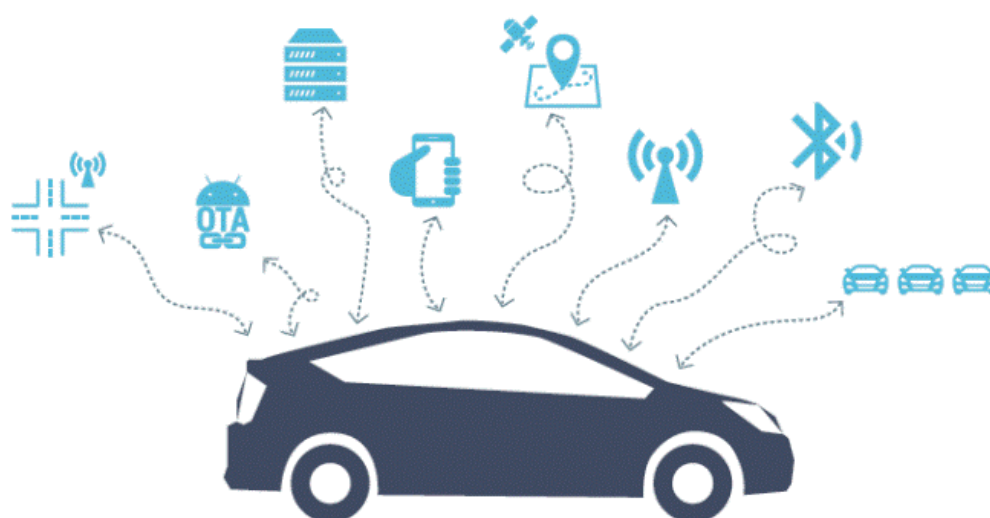


Рис. 3. Как представляют сегодня CAV по внешним коммуникациям [10].
Fig. 3. Today's external communications CAV [10].

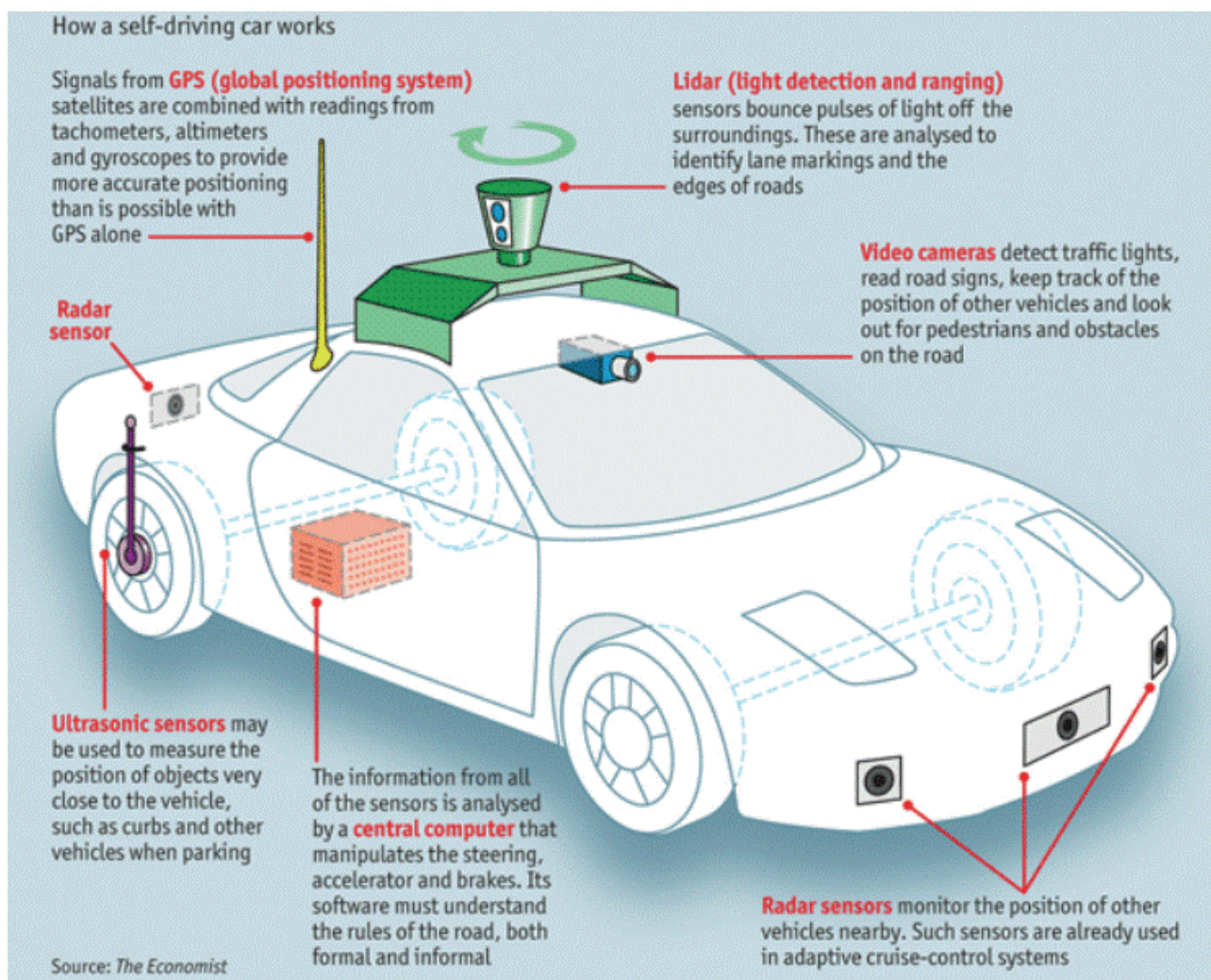


Рис. 4. Физическая экосистема CAV [11].
Fig. 4. CAV Physical Ecosystem [11].



- GPS - триангулирует положение автомобиля с помощью спутников. Текущая технология GPS ограничена определенным расстоянием. Расширенный GPS находится в разработке.
- Ультразвуковые датчики - Использует высокочастотные звуковые волны и их отражения для расчета расстояния. Лучшее определять с близкого расстояния.
- Центральный компьютер - «Мозг» автомобиля. Получает информацию от различных компонентов и помогает управлять автомобилем в целом.
- Приемник на основе DSRC - коммуникационное устройство, позволяющее автомобилю связываться с другими транспортными средствами (V2V) с использованием DSRC, стандарта беспроводной связи, который обеспечивает надежную передачу данных в активных приложениях безопасности. NHTSA способствовала использованию DSRC.

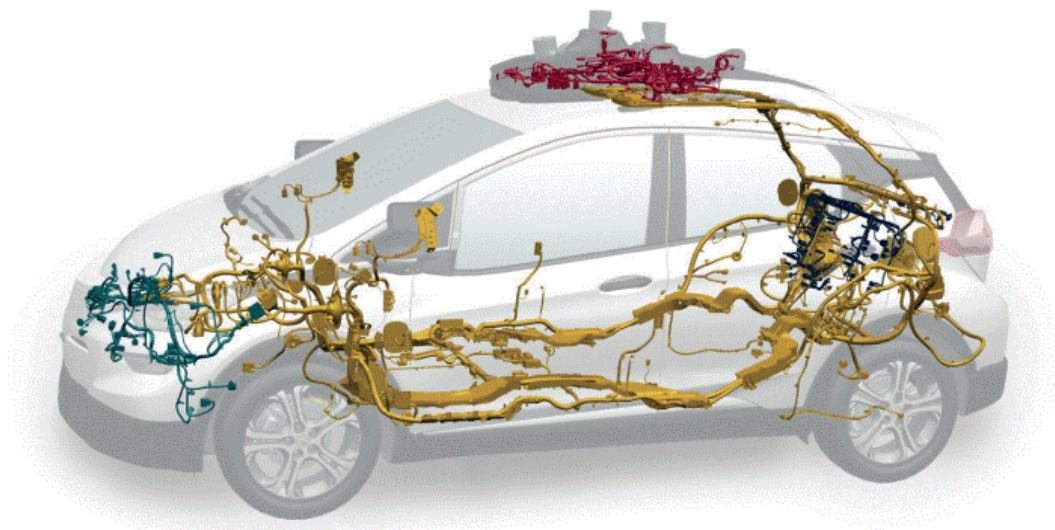


Рис. 5. Внутренние связи телематики, сенсоров, IoT и иной электроники в CAV [12].
Fig. 5. Internal communications of telematics, sensors, IoT and other electronics in CAV [12].

Autonomous haulage system (AHS) setup

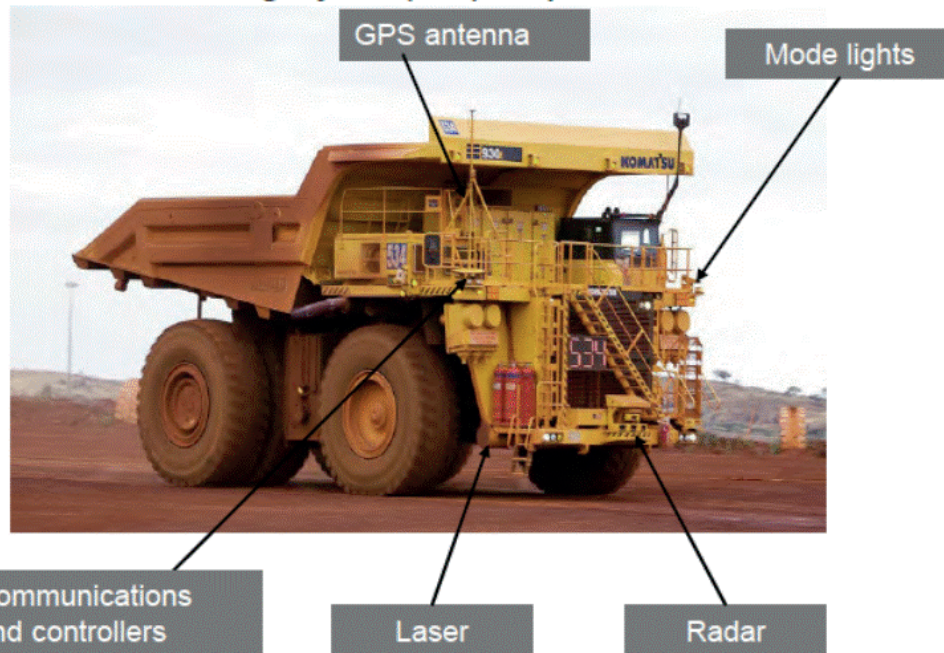


Рис. 6. Горнорудный карьерный самосвала с отметками о размещении оборудования CAV. (источник - ©2018, Rio Tinto, All Rights Reserved июнь 2018).
Fig. 6. Mining dump truck with notes on the placement of equipment CAV (source - © 2018, Rio Tinto, All Rights Reserved June 2018).



Дополнительную информацию о CAV и связи с сервисами MAAS можно почерпнуть например из [9].

Сегодня самый большой парк CAV в мире эксплуатируется компанией Rio Tinto на рудниках в Западной Австралии [4]. Так как, по многим оценкам, этот отрыв в части CAV грузового транспорта от развития легкового будет только сохраняться и увеличиваться, то на рисунке мы приводим внешний вид реального горнорудного карьерного самосвала с отметками о размещении оборудования CAV. То, что когда-то было научной фантастикой, теперь является «обычным делом» на трехжелезородных рудниках Rio Tinto. Эти рудники Rio Tinto в Пилбара являются первыми в мире, которые перемещают всю свою железную руду с использованием полностью автоматизированных грузовых автомобилей без водителя. В Rio Tinto сегодня самый большой парк грузовых автомобилей без водителя в мире. Грузовики находятся в действии на предприятиях железной руды Пилбара, удаленно контролируемых из современного операционного центра в Перте, что в 1500 км. В конце 2017 года Rio Tinto объявила о более чем 50-процентном расширении парка автономных автомобилей до более чем 130 грузовиков к 2019 году. В феврале 2018 года автономные грузовики компании превзошли перевозку одного миллиарда тонн руды [4]. Длительное время Rio Tinto сотрудничает с компанией Komatsu, производящей эти инновационные CAV грузовые машины более 10 лет.

В течение следующих шести лет 150 грузовые автомобили без водителя будут введены в эксплуатацию на Suncor (другая крупнейшая горнорудная компания из Канады), представляющий один из крупнейших инвестиций в электроэнергетику транспортных средств в мире. Suncor – это первая из нефтегазовых компаний в мире, где принята автономная технология транспортировки нефтяных песков с помощью CAV [13]. Впрочем, не стоит думать, что практику производства CAV имеет только Komatsu - на рисунке 8 показан автономный карьерный самосвал CAV компании Caterpillar.



Рис. 7. Komatsu - инновационное автономное Транспортное средство CAV, показанное на MINExpo 2016 [13].

Fig. 7. Komatsu - Innovative Autonomous Vehicle CAV, shown at MINExpo 2016 [13].

Из чего состоит внешняя инфраструктура CAV и ее связи с автомобилями CAV

Конечно, отдельными физическими устройствами и необработанной информацией невозможно управлять на скорости 200 км в час - важно как это работает с инфраструктурой и окружающим миром по подсистемам и сервисам. Для этого всеми краевыми и туманными сетями должен управлять компьютерный мозг

CAV, который должен уметь взаимодействовать с внешним миром с очень малой задержкой или латентностью. Или, по большому счету – это вопрос связи физического и цифрового мира.



Рис. 8. Автономный карьерный самосвал CAV (источник - Caterpillar 2018).

Fig. 8. Autonomous mining dump truck CAV (source - Caterpillar 2018).

В центре возможностей самообслуживания нашего автомобиля – компьютеры, которые выполняют функции, необходимые для понимания мира вокруг автомобиля и принять решения по вождению, с помощью которых безопасно перевозить пассажиров. Ни одна технология не делает эту «мозговую» работу. Вместо этого компьютеры используют сочетание систем, которые работают безопасно вместе, в том числе те, которые изображены на рисунке 9. Они, в свою очередь, разбиваются на уровни развития CAV, о которых говорилось в [9], где и приводились примеры этих ступеней SAE. Однако сегодня мы хотели бы показать этот процесс читателю на рисунке 10, на котором видно, какие из органов человеческого восприятия мира в процессе вождения заменяет CAV.

Петля взаимоотношений физического и цифрового мира уже сегодня в случае внедрения CAV заставляет задуматься об оптимизации физического мира для безопасных действий будущих решений цифрового. В работе [14], из которой мы взяли таблицу 1 (Список сильных и слабых сторон по различным аспектам функции распределения между людьми и аппаратно-программными системами) и таблицу 2 (Оценка производительности датчиков во время движения по отношению к человеческому глазу), процесс поиска оптимальности этого взаимодействия и замен наиболее наглядно показан.

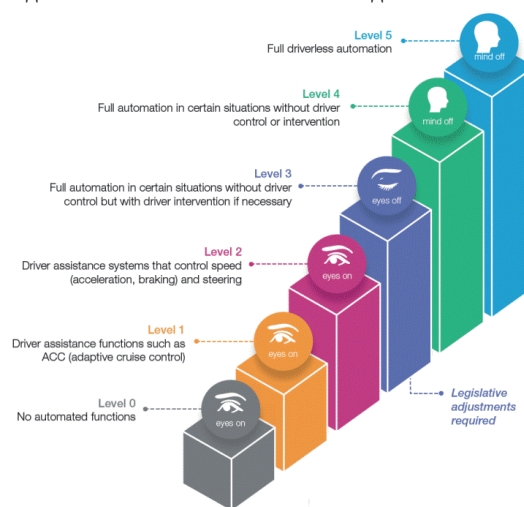


Рис. 9. Уровни развития CAV [15].

Fig. 9. CAV development levels [15].



Таблица 1. Список сильных и слабых сторон по различным аспектам функции распределение между людьми и аппаратно-программными системами [14].
Table 1. List of strengths and weaknesses in various aspects of the function distribution between people and hardware-software systems [14].

Aspect	Human	Hardware/Software system
Speed	Relatively slow.	Fast.
Power output	Relatively weak, variable control.	High power, smooth and accurate control.
Consistency	Variable, fatigue plays a role, especially for highly repetitive and routine tasks.	Highly consistent and repeatable, especially for tasks requiring constant vigilance.
Information processing	Generally single channel.	Multichannel, simultaneous operations.
Memory	Best for recalling/understanding principles and strategies, with flexibility and creativity when needed, high long-term memory capacity.	Best for precise, formal information recall, and for information requiring restricted access, high short-term memory capacity, ability to erase information after use.
Reasoning	Inductive and handles ambiguity well, relatively easy to teach, slow but accurate results, with good error correction ability.	Deductive and does not handle ambiguity well, potentially difficult or slow to program, fast and accurate results, with poor error correction ability.
Sensing	Large, dynamic ranges for each sense, multifunction, able to apply judgement, especially to complex or ambiguous patterns.	Superior at measuring or quantifying signals, poor pattern recognition (especially for complex and/or ambiguous patterns), able to detect stimuli beyond human sensing abilities (e.g., infrared).
Perception	Better at handling high variability or alternative interpretations, ³ vulnerable to effects of signal noise or clutter.	Worse at handling high variability or alternative interpretations, ³ also vulnerable to effects of signal noise or clutter.

Source: (Schoettle, 2017) adapted from (Cumplings, 2014; de Winter and Dodou, 2014)

Таблица 2. Оценка производительности датчиков во время движения по отношению к человеческому глазу [14].
Table 2. Performance Evaluation of sensors during movement in relation to the human eye [14].

Performance aspect	Human		Automated Vehicle			Connected vehicle	Connected, automated vehicle
	Eyes	Radar	Lidar	Camera	DSRC	Radar, Lidar, Camera and DSRC	
Object detection	Good	Good	Good	Fair	n/a	Good	
Object classification	Good	Poor	Fair	Good	n/a	Good	
Distance estimation	Fair	Good	Good	Fair	Good	Good	
Edge detection	Good	Poor	Good	Good	n/a	Good	
Lane tracking	Good	Poor	Poor	Good	n/a	Good	
Visibility range	Good	Good	Fair	Fair	Good	Good	
Poor weather performance	Fair	Good	Fair	Poor	Good	Good	
Dark or low illumination performance	Poor	Good	Good	Fair	n/a	Good	
Ability to communicate with other traffic or infrastructure	Poor	n/a	n/a	n/a	Good	Good	

Source: (Shoettle, 2017)

И инфраструктура, что неудивительно, которая традиционно рассматривается с точки зрения таких структур, как дороги, мосты и тротуары, на которые мы можем смотреть и прикоснуться, так как они физические. Однако CAV будут зависеть не только от физической, но и от цифровой инфраструктуры. Крайне важно, чтобы мы начали понимать необходимые изменения в планировании и проектировании инфраструктуры - включая ширину дороги, уличное освещение, барьеры безопасности, вывески, парковку и интеллектуальные транспортные системы. Нам также необходимо рассмотреть, как будет выглядеть и пейзаж

будущей дорожной сети и ландшафт, а также роль человека в этом. В мире CAV, транспортные средства будут взаимодействовать и обмениваться данными друг с другом, а также обмениваться данными с инфраструктурой, такими как светофоры и указатели для пешеходов. Чтобы этот обмен был надежным, мы должны полностью учитывать как необходимые данные, так и их передачу. Это и составляет цифровую инфраструктуру, которую мы представили образно на рисунке 2. В каких то частях интенсивного бизнеса, например, для обеспечения безопасности парковок грузовиков Европы [16,17] эти изменения уже иссле-



дуются и происходят.

Однако это касается не только парковок автомобилей в австралийской работе [18] и, как нам кажется, рисунки 10 и 11 это очень наглядно показывают.

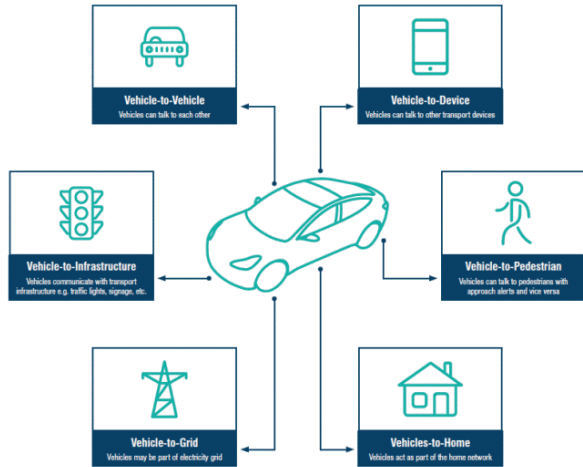


Рис. 10: Транспортная технология CAV и ее коммуникации с внешним миром [18].
Fig. 10. CAV transport technology and its communication with the outside world [18].

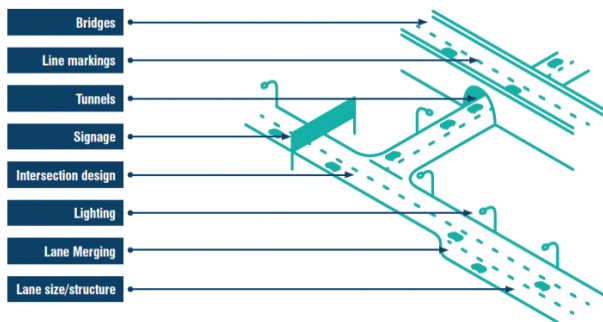
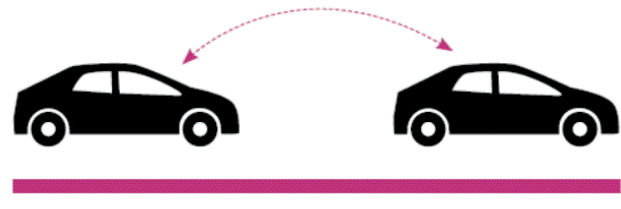


Рис. 11. Примеры ключевых точек инфраструктуры для CAV – мосты линии разметки туннели сигнальные обозначения освещение пересечения полос движения полосы движения и их размеры и структуры [18].
Fig. 11. Examples of CAV Infrastructure Key Points — bridges, marking lines, tunnels, signal symbols, lighting, lanes intersections, lanes and their dimensions and structures [18].

Говоря более строго, связь между всеми вещами (V2X) - это передача информации от транспортного средства любому лицу, которое может повлиять на транспортное средство, и наоборот. Это автомобильная система связи, которая включает в себя другие более конкретные виды связи, такие как V2I (транспортная инфраструктура), V2N (междугородняя сеть), V2V (автомобиль-автомобиль), V2P (от транспортного средства к пешеходу), V2D (Транспортное средство к устройству) и V2G (Транспортное средство к сети).

Основными мотивами для V2X являются безопасность дорожного движения, эффективность движения и экономия энергии. Существует два типа коммуникационных технологий V2X в зависимости от используемой технологии: 1) WLAN и 2) сотовая связь. Стандартизация V2X на основе WLAN заменяет систему V2X на сотовой основе. IEEE впервые опубликовал спецификацию W2X на основе WLAN (IEEE 802.11p) в 2012 году. Он поддер-

живает прямую связь между транспортными средствами (V2V) и между транспортным средством и инфраструктурой (V2I). DSRC использует базовую радиосвязь, предоставляемую 802.11p. В 2016 году 3GPP опубликовала спецификации V2X на основе LTE в качестве базовой технологии. Он обычно называется «сотовый V2X» (C-V2X), чтобы отличить себя от технологии V2X на основе 802.11p. В дополнение к прямой связи (V2X, V2I), C-V2X также поддерживает широкополосную связь по сотовой сети (V2N). Этот дополнительный способ связи и собственный путь миграции на 5G являются двумя основными преимуществами по сравнению с системой V2X на основе 802.11p. На рисунках 12, 13 и 14 мы постарались дать простые иллюстрации к сказанному выше в графической форме.



V2V: Vehicle to Vehicle

Рис. 12.V2V: Транспортное средство к транспортному средству [15].
Fig. 12. V2V: Vehicle to vehicle [15].

Каждое транспортное средство представляет собой узел, способный отправлять и получать критическую информацию о безопасности и мобильности другим транспортным средствам.

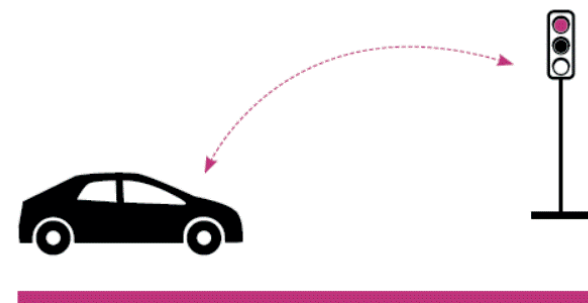


Рис. 13. V2I: транспортное средство к инфраструктуре [15].
Fig. 13. V2I: vehicle to infrastructure [15].

Транспортные средства могут отправлять и получать информацию к окружающей инфраструктуре, такой, как сигналы управления трафиком и дорожные датчики.

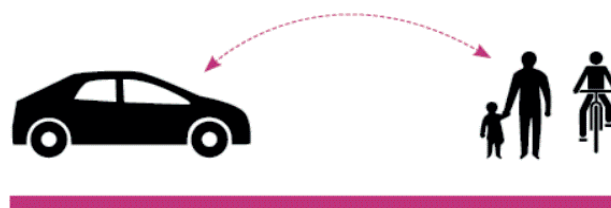


Рис. 14. V2X: автомобиль ко всему [15].
Fig. 14. V2X: car to everything [15].



Транспортные средства могут взаимодействовать с другими транспортными средствами, инфраструктуры и других пользователей, путь для более безопасного, более эффективной транспортной сети. Необходимо отметить, что изменения во внешней инфраструктуре не могут сделать производители автомобилей. Очень важно, чтобы государственные органы установили свою позицию вокруг необходимой цифровой инфраструктуры для CAV и требований как для данных, которые они делят с путешествующей общественностью, так и для данных и информации, которые они ожидают получить. Любая система управления данными будет зависеть от надежной политики и руководящих принципов в области управления, обмена данными и управления данными про деятельность и государственные органы должны участвовать в этой области, поскольку они стремятся создать систему разделяемой и справедливой транспортной сети. В модели CAV, подкрепленной потоком и анализом данных, ведущих к персонализированному набору информационных услуг, нам также необходимо будет рассмотреть потенциал этого нового связанного поколения. Если правительство может создать среду, в которой каждая информация передача из публичного органа имеет связанную с ней низкоуровневую монетизацию, то это создаст, как объемы увеличения данных, так и потенциальный доход, который затем можно будет инвестировать в пределах или за пределами транспорта.

Список использованных источников

- [1] *Garret O.* 10 Million Self-Driving Cars Will Hit The Road By 2020 – Here’s How To Profit // *Forbes*. 2017. March 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.forbes.com/sites/oliviergarret/2017/03/03/10-million-self-driving-cars-will-hit-the-road-by-2020-heres-how-to-profit/#45627b757e50> (дата обращения: 12.06.2018).
- [2] *LeBeau P.* The \$7 trillion promise of self-driving vehicles // *CNBC U.S.* 2017. June 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cnbc.com/2017/06/01/the-7-trillion-promise-of-self-driving-vehicles.html> (дата обращения: 12.06.2018).
- [3] *Lienert P.* Self-driving cars could generate billions in revenue: U.S. study // *Reuters*. 2015. March 5. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reuters.com/article/us-usa-autos-autonomous/self-driving-cars-could-generate-billions-in-revenue-u-s-study-idUSKBN0M10UF20150305> (дата обращения: 12.06.2018).
- [4] *Соколов И.А.* и др. Цифровая экономика Западной Австралии – умные горнорудные и нефтегазовые предприятия, железные дороги, морские порты и формализованные онтологии // *International Journal of Open Information Technologies*. 2018. Т. 6, № 6. С. 44-62. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35050447> (дата обращения: 12.06.2018).
- [5] *Куприяновский В.П.* и др. Агрокультура 4.0: синергия системы-систем, онтологии, интернета вещей и космических технологий // *International Journal of Open Information Technologies*. 2018. Т. 6, № 10. С. 46-67. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36286952> (дата обращения: 12.06.2018).
- [6] *Self-Driving Vehicles in Logistics. A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry.* DHL Trend Research, 2014. 35 p. URL: http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_self_driving_vehicles.pdf (дата обращения: 12.06.2018).
- [7] *Autonomous vehicles. Handing Over Control: Opportunities and Risks for Insurance.* Lloyd’s, 2014. 27 p. URL: <https://www.lloyds.com/~media/lloyds/reports/emerging-risk-reports/autonomous-vehicles-final.pdf> (дата обращения: 12.06.2018).
- [8] *Henaghan J.* Preparing Communities for Autonomous Vehicles. An American Planning Association Report. 2018. 44 p. URL: <https://planning-org-uploaded-media.s3.amazonaws.com/document/Autonomous-Vehicles-Symposium-Report.pdf> (дата обращения: 12.06.2018).
- [9] *Куприяновский В.П.* и др. Интеллектуальная мобильность и мобильность как услуга в Умных Городах // *International Journal of Open Information Technologies*. 2017. Т. 5, № 12. С. 77-122. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30739227> (дата обращения: 12.06.2018).
- [10] *Charbonneau F, Mahmoud M.S.B., Jackson D.* Cybersecurity in Automotive: How to stay ahead of cyber threats? Position paper. Altran, 2018. 11 p. URL: https://www.altran.com/as-content/uploads/sites/7/2018/01/cybersecurity-in-automotive_position-paper.pdf (дата обращения: 12.06.2018).
- [11] *Autonomous Vehicles: Navigating the legal and regulatory issues of a driver less world.* MCCA GLOBAL TECH FORUM. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mcca.com/wp-content/uploads/2018/04/Autonomous-Vehicles.pdf> (дата обращения: 12.06.2018).
- [12] *2018 Self-Driving Safety Report.* GM, 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gm.com/content/dam/company/docs/us/en/gmcom/gmsafetyreport.pdf> (дата обращения: 12.06.2018).
- [13] *Knotts R, Clinton C.* Automatic for the people // *Mining Magazine*. 2018. April. Pp. 24-26. URL: <https://mining.komatsu/docs/default-source/non-product-documents/company/joy-global-in-the-news/news-attachments/automatic-for-the-people---mm-april-2018.pdf> (дата обращения: 12.06.2018).
- [14] *Safer Roads with Automated Vehicles?* OECD/ITF, 2018. 44 p. URL: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safer-roads-automated-vehicles.pdf> (дата обращения: 12.06.2018).
- [15] *McCarthy J, O’Keeffe D.* Autonomous, connected, electric and shared vehicles. Reimagining transport to drive economic growth. ARUP, 2018. 52 p. URL: https://www.arup.com/-/media/arup/files/publications/a/aces_final_a4-final.pdf (дата обращения: 12.06.2018).
- [16] *SETPOS Project Partners. Background Information and Considerations for Secure Truck Parking.* Work Package Leader: GROUPE SAVE, 2010. 128 p.
- [17] *SETPOS Project Partners. Secured European Truck Parking Best Practice Handbook.* Work Package Leader: GROUPE SAVE, 2010.
- [18] *Automated vehicles: do we know which road to take?* Infrastructure Partnerships Australia, 2017. 32 p. URL: <http://infrastructure.org.au/wp-content/uploads/2017/09/AV-paper-FINAL.pdf> (дата обращения: 12.06.2018).

Поступила 12.06.2018; принята в печать 10.09.2018;
опубликована онлайн 30.09.2018.



References

- [1] Garret O. 10 Million Self-Driving Cars Will Hit The Road By 2020 – Here's How To Profit. *Forbes*. 2017. March 3. Available at: <https://www.forbes.com/sites/oliviergarret/2017/03/03/10-million-self-driving-cars-will-hit-the-road-by-2020-heres-how-to-profit/#45627b757e50> (accessed 12.06.2018).
- [2] LeBeau P. The \$7 trillion promise of self-driving vehicles. *CNBC U.S.* 2017. June 1. Available at: <https://www.cnbc.com/2017/06/01/the-7-trillion-promise-of-self-driving-vehicles.html> (accessed 12.06.2018).
- [3] Lienert P. Self-driving cars could generate billions in revenue: U.S. study. *Reuters*. 2015. March 5. Available at: <https://www.reuters.com/article/us-usa-autos-autonomous/self-driving-cars-could-generate-billions-in-revenue-u-s-study-idUSKBN0M10UF20150305> (accessed 12.06.2018).
- [4] Sokolov I. et al. The digital economy of Western Australia-smart mining, oil, gas enterprises, railways, seaports, and formalized ontologies. *International Journal of Open Information Technologies*. 2018; 6(6):44-62. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35050447> (accessed 12.06.2018). (In Russian)
- [5] Kupriyanovsky V. et al. Agriculture 4.0: Synergy of the System of Systems, Ontology, the Internet of Things, and Space Technologies. *International Journal of Open Information Technologies*. 2018; 6(10):46-67. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36286952> (accessed 12.06.2018). (In Russian)
- [6] Self-Driving Vehicles in Logistics. A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry. DHL Trend Research, 2014. 35 p. Available at: http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_self_driving_vehicles.pdf (accessed 12.06.2018).
- [7] Autonomous vehicles. Handing Over Control: Opportunities and Risks for Insurance. Lloyd's, 2014. 27 p. Available at: <https://www.lloyds.com/~media/clloyds/creports/emerging-risk-reports/autonomous-vehicles-final.pdf> (accessed 12.06.2018).
- [8] Henaghan J. Preparing Communities for Autonomous Vehicles. An American Planning Association Report. 2018. 44 p. Available at: <https://planning-org-uploaded-media.s3.amazonaws.com/document/Autonomous-Vehicles-Symposium-Report.pdf> (accessed 12.06.2018).
- [9] Kupriyanovsky V. et al. Intellectual mobility and mobility as a service in Smart Cities. *International Journal of Open Information Technologies*. 2017; 5(12):77-122. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30739227> (accessed 12.06.2018). (In Russian)
- [10] Charbonneau F, Mahmoud M.S.B., Jackson D. Cybersecurity in Automotive: How to stay ahead of cyber threats? Position paper. Altran, 2018. 11 p. Available at: https://www.altran.com/as-content/uploads/sites/7/2018/01/cybersecurity-in-automotive_position-paper.pdf (accessed 12.06.2018).
- [11] Autonomous Vehicles: Navigating the legal and regulatory issues of a driver less world. MCCA GLOBAL TECH FORUM. 2018. Available at: <https://www.mcca.com/wp-content/uploads/2018/04/Autonomous-Vehicles.pdf> (accessed 12.06.2018).
- [12] 2018 Self-Driving Safety Report. GM, 2018. Available at: <https://www.gm.com/content/dam/company/docs/us/en/gmcom/gmsafetyreport.pdf> (accessed 12.06.2018).
- [13] Knotts R., Clinton C. Automatic for the people. *Mining Magazine*. April. 2018, pp. 24-26. Available at: <https://mining.komatsu/docs/default-source/non-product-documents/company/joy-global-in-the-news/news-attachments/automatic-for-the-people---mm-april-2018.pdf> (accessed 12.06.2018).
- [14] Safer Roads with Automated Vehicles? OECD/ITF, 2018. 44 p. Available at: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safer-roads-automated-vehicles.pdf> (accessed 12.06.2018).
- [15] McCarthy J., O'Keeffe D. Autonomous, connected, electric and shared vehicles. Reimagining transport to drive economic growth. ARUP, 2018. 52 p. Available at: https://www.arup.com/-/media/arup/files/publications/a/aces_final_a4-final.pdf (accessed 12.06.2018).
- [16] SETPOS Project Partners. Background Information and Considerations for Secure Truck Parking. Work Package Leader: GROUPE SAVE, 2010. 128 p.
- [17] SETPOS Project Partners. Secured European Truck Parking Best Practice Handbook. Work Package Leader: GROUPE SAVE, 2010.
- [18] Automated vehicles: do we know which road to take? Infrastructure Partnerships Australia, 2017. 32 p. Available at: <http://infrastructure.org.au/wp-content/uploads/2017/09/AV-paper-FINAL.pdf> (accessed 12.06.2018).

Submitted 12.06.2018; revised 10.09.2018;
published online 30.09.2018.

About the authors:

Alexander A. Klimov, Candidate of Technical Sciences, First Vice Rector, Russian University of Transport (MIIT) (2 Minaevskij per., Moscow 127055, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1769-5406>, aaklimov1961@gmail.ru

Oleg N. Pokusaev, Candidate of Economic Sciences, Director at the Center for High-Speed Transport Systems, Russian University of Transport (MIIT) (2 Minaevskij per., Moscow 127055, Russia); Director of the Russian Transport Academy (1 bl., 34 Masha Poryvaeva Str., Moscow 107078, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6916-8897>, o.pokusaev@rut.digital

Vasily P. Kupriyanovsky, Expert at the Center for High-Speed Transport Systems, Russian University of Transport (MIIT) (2 Minaevskij per., Moscow 127055, Russia); The National Center for Digital Economy of Lomonosov Moscow State University (1, Leninskie gory, Moscow 119991, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3493-8729>, v.kupriyanovsky@rut.digital

Dmitry E. Namiot, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Open Information Technologies, Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics, Lomonosov Moscow State University (1, Leninskie gory, Moscow 119991, Russia); Russian University of Transport (MIIT) (2 Minaevskij per., Moscow 127055, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4463-1678>, dnamiot@gmail.com



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

