

УДК 656.13

DOI: 10.25559/SITITO.14.201803.737-747

МИРОВОЙ РЫНОК АВТОНОМНЫХ (БЕСПИЛОТНЫХ) АВТОМОБИЛЕЙ

О.Н. Покусаев^{1,4}, А.С. Мишарин^{2,1,4}, В.П. Куприяновский^{1,3}, А.А. Климов¹

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

² ОАО «РЖД», г. Москва, Россия

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

⁴ Российская академия транспорта, г. Москва, Россия

ON WORLD MARKET OF AUTONOMOUS (DRIVERLESS) CARS

Oleg N. Pokusaev^{1,4}, Alexander S. Misharin^{2,1,4}, Vasily P. Kupriyanovsky^{1,3}, Alexander A. Klimov¹

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

² Joint Stock Company «Russian Railways», Moscow, Russia

³ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁴ Russian Transport Academy, Moscow, Russia

© Покусаев О.Н., Мишарин А.С., Куприяновский В.П., Климов А.А., 2018

Ключевые слова

Автономные автомобили;
мировой рынок.

Аннотация

Настоящая статья посвящена обзору мирового рынка беспилотных автомобилей. Отмечается, что мировой автомобильный рынок сейчас демонстрирует две ключевые тенденции. Это электрическая мобильность (замена батарей в электромобилях на топливные элементы) и переход к цифровым подсистемным автомобилям. Для формирования будущей мобильности в ЕС, например, выделяют два ключевых направления. Во-первых, это переход от управления людьми (автомобиль, управляемый водителем) к машине без водителя и управляемой вычислениями и связью, а во-вторых, переход от индивидуальной к общей собственности на транспортные средства. В ЕС вопросы развития и применения беспилотных автомобилей рассматриваются на самом высоком уровне и считаются стратегическим направлением робототехники и искусственного интеллекта, в том числе, и являются предметом самых серьезных научных направлений. В статье также приводится обзор законодательных инициатив США, направленных на развитие и регулирование рынка беспилотных автомобилей. Фактически, предлагается выделение специальных полос с описанным режимом использования беспилотными автомобилями на всей территории страны. Отмечается, например, что развертывание беспилотных автомобилей делает возможной более плотную упаковку автомобилей на дорогах США. Увеличение скорости при сокращении интервалов между транспортными средствами от двухсекундного стандарта до 0,5 секунды может увеличить количество автомобилей и емкость автодорог в три раза. В результате, 50-70% проникновение беспилотных автомобилей в автопарк США может увеличить пропускную способность, примерно, на 50 процентов. Достигаемое таким образом облегчение перегрузок «узких» мест на дорогах может впоследствии сохранить 48 миллиардов долларов затрат на топливо и время.

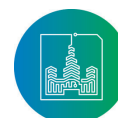
Об авторах:

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

Мишарин Александр Сергеевич, доктор технических наук, первый заместитель генерального директора ОАО «РЖД» (107174, Россия, г. Москва, ул. Новая Басманная, д. 2); доцент, заведующий кафедрой Высокоскоростные транспортные системы, Российский университет транспорта (МИИТ) (127055, Россия, г. Москва, Минаевский пер., д. 2); президент Российской академии транспорта (107078, Россия, г. Москва, ул. Маши Порываевой, д. 34, блок 1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3068-9676>, info@vsmexpert.ru

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

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



Keywords

Autonomous cars; world market.

Abstract

This article is devoted to the review of the world market of unmanned vehicles. It is noted that the global automotive market is now showing two key trends. This is electric mobility (replacement of batteries in electric vehicles with fuel cells) and the transition to digitally connected cars. For the formation of future mobility in the EU, for example, there are two key areas. First, it is a transition from managing people (a car driven by a driver) to a car without a driver and controlled by computing and communication, and secondly, a transition from individual to common ownership of vehicles. In the EU, issues of the development and use of unmanned vehicles are considered at the highest level and are considered a strategic area of robotics and artificial intelligence, including, and are the subject of the most serious scientific areas. The article also provides an overview of US legislative initiatives aimed at developing and regulating the market for unmanned vehicles. In fact, it is proposed to allocate special lanes with the described mode of use of unmanned vehicles throughout the country. It is noted, for example, that the deployment of unmanned vehicles makes it possible to more densely pack cars on US roads. Increasing the speed while reducing the intervals between vehicles from a two-second standard to 0.5 seconds can increase the number of cars and the capacity of roads three times. As a result, 50-70% penetration of unmanned vehicles into the US fleet can increase throughput by about 50 percent. Alleviating this way, alleviating the congestion of "bottlenecks" on the roads can subsequently save \$ 48 billion in fuel costs and time.

Введение**Обзор мирового состояния отрасли 2018 от KPMG**

Мировой автомобильный рынок и его ключевые тенденции – это явление чрезвычайно сложное и подверженное многим влияниям. Одни из самых главных – энергетическое (например, можно посмотреть будущее грузовиков [1]), а другое – цифровое. В ежегодном опросе специалистов, организованном KPMG в 2018 [2], например: «Электромобили на топливных элементах заменили электромобиль с батареями, поскольку это ключевой тренд №1 в этом году до 2025 года... Несмотря на то, что в этом году в рейтинге снова доминируют электрические трансмиссии, тенденции показывают, что в будущей технологической дороге, вероятно, будут видны различные технологии трансмиссии, существующие с высокой зависимостью от конкретных областей применения, местных правил и предпочтений клиентов. Электрическая мобильность топливных элементов – это ключевой тренд №1 в этом году, который вырос в своем значении со своего рейтинга №5 в 2016 году. Общая электрическая мобильность занимает чрезвычайно высокое место, удерживая три из четырех лучших рядов. Это демонстрирует, как традиционно ориентированные на продукт тенденции все еще доминируют в повестке дня руководителей.

Не будет никакой ценности добавление сервисов и нового контента без оцифровки в качестве ключевого фактора: подключение и оцифровка, оставшаяся приоритетом номер 2 - это единственная высокопоставленная тема, связанная с обслуживанием и содержанием. Связность, безусловно, является одним из важнейших условий для предоставления дополнительных услуг и контента, предоставляемых в автомобиле, и подчеркивает необходимость использования простого в использовании и бесшовного интерфейса человека и машины внутри автомобиля.

В рамках кластера тем, связанных с содержанием и сервисами, мы должны различать контент и услуги, которые напрямую связаны с продуктом (более широкое использование стратегий платформы и стандартизация модулей, а также сокращение объемов двигателей внутреннего сгорания) и тех, которые не связаны с продуктами (мобильность, как услуга). Напротив, создание ценности из больших данных может быть как связанным с про-

дуктом, так и не связанным с продуктом. Сегодня эти тенденции по-прежнему доминируют в общем управленческом мышлении, связанном с бизнесом на основе активов, но также очевидно, что тенденции, имеющие отношение к новым бизнес-моделям, постепенно приобретают все большее значение».

Кроме того, что касается подхода к платформе, результаты показывают, что мышление руководителей вокруг платформы терминов, очевидно, связано только с продуктом и, в меньшей степени, с окружающей средой обслуживания и не распространяется на темы, связанные с контентом. Это будет упущенная возможность, поскольку автомобильные игроки, в настоящее время оснащенные доминирующей платформой в плане аппаратного обеспечения, идеально подходят для того, чтобы думать о себе как о центральной общей платформе.

Результаты этого года значительно различаются между заинтересованными сторонами, регионами и даже странами: игроки нижестоящих игроков считают, что электромобили с батарейным питанием являются тенденцией №1, а китайские руководители видят «подключение и оцифровку» и «создание ценности из больших данных» как тенденции № 1 и № 2. Все более расходящиеся мнения представляют собой тенденцию «переориентации» на индивидуальные компетенции, а также межсекторное и трансграничное сотрудничество вместо полного автоматического цифрового слияния, что усиливает наш предыдущий тезис.

Кроме того, становится ясным, что новые игроки рынка могут не масштабироваться, так как компетенции вокруг сложного производственного процесса, созданного в бизнесе на основе активов, не могут быть легко скопированы новыми игроками, если они намерены увеличить объемы производства.

Даже если само транспортное средство рассматривается как платформа для нескольких цифровых бизнес-моделей в рамках всеобъемлющей экосистемы, технология трансмиссии также будет продолжать характеризовать продукт как то, что он есть - возможность перехода от А к В - независимо от того, кто или что используя его и для какого приложения. Эти различные приложения будут диктовать различные требования в отношении дальности и простоты использования, что приведет к различным технологиям той же трансмиссии для сельских и городских районов.



Смешанный вариант использования грузовиков с учетом электрической и цифровой составляющей в США, а также сервисов показан на рисунке 1. Новые грузовики, сочетающие цифровые решения и электрические для перевозки с одного фиксированного места на другое в малолюдных районах лесозаготовок уже и выглядят необычно [3] (рисунки 2 и 3). Они доставляют лес. И, начиная с этого года, они будут транспортировать древесину с лесозаготовок на лесопильные заводы. Самофинансируемая шведская компания Einride сегодня объявила о выпуске T-log, автономного полностью электрического лесозаготовительного грузовика, предназначенного для навигации по холмистым, извилистым лесным дорогам.

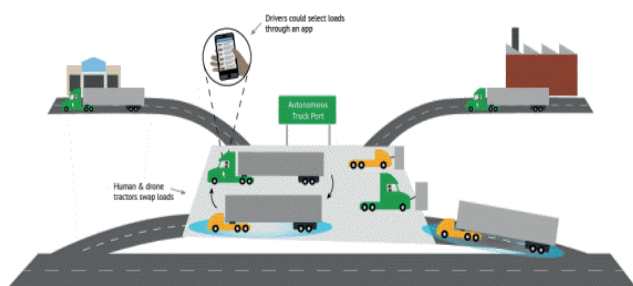


Рис. 1. Смешанный вариант использования грузовиков с учетом электрической и цифровой составляющей в США, а также сервисов (источник - Autonomous Vehicles NAIC Summit June 21, 2018)

Fig. 1. Mixed use of trucks, taking into account the electrical and digital component in the US, as well as services (source - Autonomous Vehicles NAIC Summit June 21, 2018).



Рис. 2. Общий вид CAV (Connected Autonomous Vehicle) грузовика T-log [3]
Fig. 2. General view of the CAV (Connected Autonomous Vehicle) truck T-log [3].



Рис. 3. Загруженный CAV грузовик T-log [3]
Fig. 3. Loaded CAV truck T-log [3].

Но необычность T-log имеет, как и создание условий для человека - водителя свою цену: «Транспортировка леса - огромный рынок, сказал генеральный директор Роберт Фальк VentureBeat в телефонном интервью, и он подходит для автономных автомобилей. Около 60% стоимости [лесозаготовительной машины] связано с кабиной водителя, а дополнительные 25% связаны с трансмиссией и коробкой передач. Грузовики [как и T-log] представляют значительную экономию средств».



Рис. 4. Глобальные автомобильные тренды до 2025 года [2]
Fig. 4. Global automotive trends until 2025 [2].

Состояние перехода к CAV в ЕС

Два ключевых направления - формирование будущего личной мобильности отмечают в ЕС [4]: во-первых, переход от управления людьми (управляемый водителем) к машине (без водителя и управляемой вычислениями и связью), а во-вторых, переход от индивидуальной к общей собственности на транспортные средства. Эта европейская добавленная оценка стоимости (EAVA) фокусируется на первом тренде, переходе от водителей к автономной личной мобильности и, более конкретно, в регулировании гражданской ответственности за автономные транспортные средства (AVs) на уровне ЕС [4]. Основная цель этого EAVA заключается в том, чтобы оценить, оправдано ли регламентационное постановление о гражданской ответственности для AVs на уровне ЕС, и если да, то каковы ожидаемые выгоды и затраты на такое вмешательство. Анализ европейской добавленной стоимости сообщается двумя экспертными исследованиями, специально заказанными для европейского парламента EPRS [4]: «Социально-экономический анализ общего подхода ЕС к правилам ответственности и страхованию связанных с подключенными и автономными транспортными средствами» и «Юридический анализ общего подхода ЕС к правилам ответственности и страхованию, связанные с подключенными и автономными транспортными средствами»; он также опирается на результаты публичных консультаций Европейского парламента по вопросам



робототехники и искусственного интеллекта и общедоступных статистических данных и публикаций.

Ускорение кривой использования для водителей или автономных транспортных средств (CAV) на пять лет имеет экономический потенциал для получения добавленной стоимости в Европе на сумму около 148 млрд. евро (Таблица 1). Поэтому в интересах государственного регулятора обеспечить, чтобы нормативная база облегчала принятие CAV, что помогало создавать экономическую ценность. Экспертные национальные комитеты государств-членов, группы экспертов высокого уровня, созданные Европейской комиссией, и недавно принятые резолюции Европарламента, все подчеркнули, что вопросы ответственности, связанные с принятием и использованием CAV, необходимо уточнить.

Таблица 1. Обзор анализа затрат и результатов сценариев для ЕС (в млрд. евро в ценах 2015 года) [4]

Table 1. Overview of cost-benefit analysis of scenarios for the EU (in billions of euro in 2015 prices) [4].

	Insurance / liability scenarios				Sensitivity tests			
	S1: Earlier deployment	S2: Slower deployment	S3: No insurance costs	S4: Fully internalised costs	S5: Lower productivity	S6: Higher accident rate	S7: Increased AV safety	S8: 50% shared AVs
Consumer impacts								
Transport user impacts	116.53	-35.58	35.22	-23.95	-188.14	-879.04	17.18	315.29
Health impacts	-1.99	0.00	-0.59	0.19	2.09	0.03	-0.36	-4.21
External accident cost impacts	2.34	-0.81	-22.12	6.92	0.05	-49.24	1.27	-0.10
External environmental cost impacts	8.60	-3.01	-0.20	0.06	0.71	-0.03	-0.12	-1.44
Tax revenue	6.57	0.82	-4.96	1.55	-2.67	130.85	-2.97	-26.81
Wider economic impacts	16.11	-5.55	0.75	-0.24	-226.30	-15.41	0.45	5.43
Total	148.15	-44.13	8.10	-15.47	-414.27	-812.85	15.46	288.17

Source: Rohr, Dunkerley and Howarth, Table 4, Annex II

В ЕС вопросы развития и применения CAV рассматриваются на самом высоком уровне и считаются стратегическим направлением робототехники и искусственного интеллекта, в том числе [5] и являются предметом самых серьезных научных направлений [6, 7, 8, 9].

Состояние перехода к CAV в США

Примерно то же происходит и в США [4] и подробнее об этом ниже. В значительной мере ситуация на транспортно-логистическом рынке ЕС отражена в работах [10,11], и в меньшей степени эти публикации относились к США, информацию о состоянии которого мы и попробуем дополнить. Для того, чтобы показать состояние автомобильного рынка США, мы приводим его годовой объем продаж на рисунке 5 и распределение по происхождению новых автомобилей на рисунке 6. Первый показывает, насколько он огромен, а второй, фактически, насколько он глобализован уже сегодня. Партнерский ландшафт компаний, занимающихся AV и сложившийся в США, показан на рисунке 7. При этом необходимо сказать, что обсуждение будущего CAV стало в США практически всеобщим, учитывая традиции использования населением автомобилей и огромную роль грузовых автомобилей в экономике страны.



Рис. 5. 2017 г. Производство, экспорт, импорт и продажа автомобилей в США [12].

Fig. 5. 2017 Production, export, import and sale of cars in the USA [12].

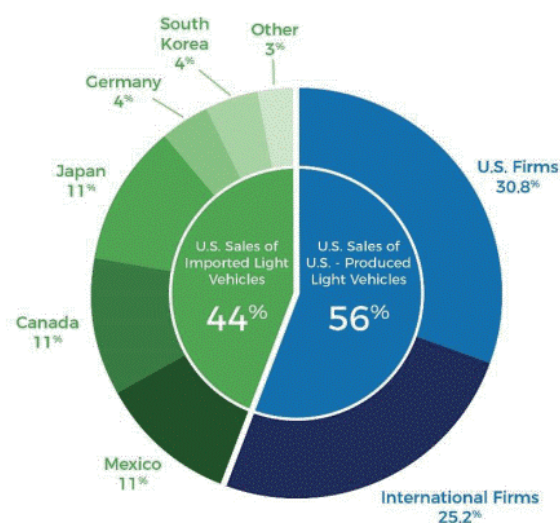


Рис. 6. Выборка продаж автомобилей США в 2017 год разбитая по производителям [12]

Fig. 6. Selection of US car sales in 2017 sorted by manufacturer [12].

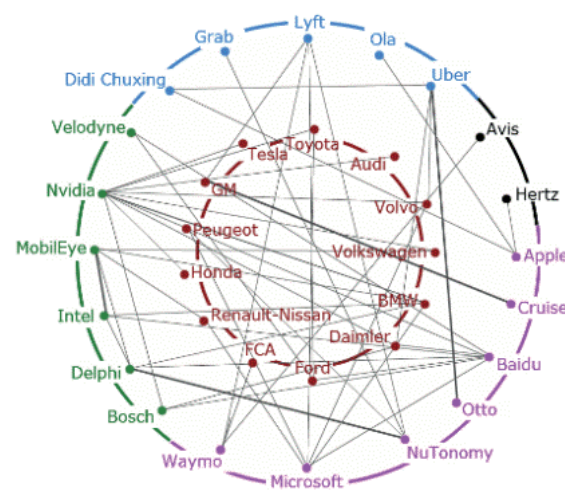


Рис. 7. Партнерский ландшафт CAV в США (источник - Autonomous Vehicles NAIC Summit June 21, 2018)

Fig. 7. CAV Affiliate Landscape in USA (source - Autonomous Vehicles NAIC Summit June 21, 2018).



В сентябре 2017 года в США был опубликован документ с описанием будущего фактического CAV 2.0 [13] для всеобщего обсуждения. В США многие вопросы применения транспорта и строительства регламентируются на уровне штатов. Поэтому было опубликовано огромное количество исследований на федеральном уровне, правительствами практически всех штатов и многочисленными общественными организациями, компаниями и отдельными специалистами. Итог этих обсуждений был подведен в июле 2018 года на публичных чтениях в министерстве транспорта США и опубликован в виде отчета [14].

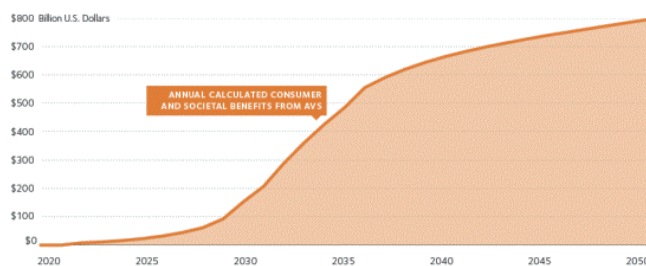
Протицируем наиболее важное на наш взгляд инфраструктурное предложение из того что обсуждалось следуя [13]:

“Субъектам (штатам) рекомендуется определять и документировать операционные домены разработки (ODD) доступного для каждого ADS (CAV)... проверенных или развернутых на дорогах общего пользования, а также документировать процесс и процедуру оценки, тестирования и проверки функциональности ADS с предписанным ODD. ODD должен описывать конкретные условия, при которых данная ADS или функция предназначена для работы. ODD - это определение того, где (например, какие типы и скорости дорог) и когда (при каких условиях, таких как день / ночь, ограничения по погоде и т. д.) в случае ADS предназначены для работы [13]”



Рис. 8. Предлагаемый к обсуждению вопрос о выделенных полосах CAV в США [13]
Fig. 8. Proposed discussion on allocated CAV bands in the USA [13].

Фактически приведенный выше отрывок предлагает выделение и описание отдельных полос на всей территории США. Собственно, отчасти и для этого и требовалось такое широкое обсуждение (необходимо согласие всех штатов). В ноябре 2018 года планируется опубликовать новую версию [13] в виде CAV 3.0. Эта позицию о необходимости такого решения, на наш взгляд, наиболее полно обоснована в [15], и в рисунках 9 и 10 взятых из этого источника.



Source: David Montgomery, Public and Private Benefits of Autonomous Vehicles, June 2018.

Рис. 9. Прогнозируемые годовые потребительские и социальные выгоды от внедрения CAV в США с ростом выгод по годам в миллиардах долларов [15].
Fig. 9. Predicted annual consumer and social benefits from the introduction of CAV in the United States with the growth of benefits over the years in billions of dollars [15].

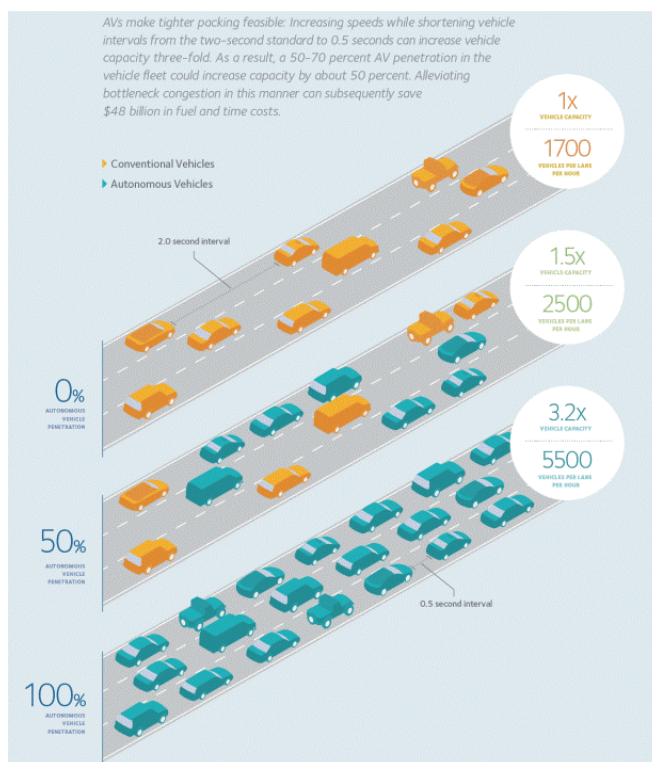


Рис. 10. Визуальное представление выгод CAV в части увеличения емкости транспортной сети [15].

Fig. 10. A visual representation of the benefits of CAV in terms of increasing the capacity of the transport network [15].

Иллюстрация на рисунке 10 прогнозируемых улучшений пропускной способности дорог с широким развертыванием CAV делают более плотную упаковку автомобилей на дорогах США согласно [15] возможной: увеличение скорости при сокращении интервалов между транспортными средствами от двухсекундного стандарта до 0,5 секунды могут увеличить количество автомобилей и емкость автодорог в три раза. В результате 50-70% CAV-проникновения в автопарк США может увеличить пропускную способность, примерно, на 50 процентов. Облегчение перегрузок «узких» мест на дорогах таким образом может впоследствии сохранить 48 миллиардов долларов - затрат на топливо и время [15].



Дорожные транспортные средства в Соединенных Штатах являются значительными пользователями энергии, что делает потенциальные последствия автономных транспортных средств для энергии важным фактором в текущих обсуждениях CAV [16]. В 2017 году на дорогах в Соединенных Штатах, включая легкие легковые автомобили и грузовые автомобили, автобусы, коммерческие и грузовые автомобили, потребляли 22,1 квадриллиона британских тепловых единиц (Btu) или 11,6 млн. баррелей в день (б / д) нефтяной эквивалент, на долю которого приходилось 80% всего объема использования энергии транспорта и 31% всей поставляемой энергии конечного потребления в Соединенных Штатах. Легкие легковые автомобили и грузовые автомобили (LDV) использовали 15,3 квадриллиона Btu, или 8,3 млн. баррелей в сутки, что составляет 21% от общего потребления энергии конечного потребления в Соединенных Штатах [16].

Жидкие топлива на нефтяной основе продолжают доминировать в топливе, используемом в LDV и в транспортном секторе, в более широком смысле. Изменения в потреблении энергии в результате увеличения использования автономных легковых автомобилей могут существенно повлиять на рынки нефтепродуктов, в частности автомобильный бензин, который включает этанол, смешанный с бензином. В 2017 году 99% энергии, используемой LDV, было автомобильным бензином, на долю которого приходилось 88% всего автомобильного бензина, используемого в Соединенных Штатах. Автономная технология транспортного средства может также влиять на дизельное топливо, второе наиболее часто используемое топливо для внедорожников, особенно для грузовых автомобилей повышенной грузоподъемности, которые потребляли 61% от общего объема дизельного топлива в США в 2017 году. Влияние автономных транспортных средств на потребление энергии транспорта крайне неопределенно, недавняя литература о потенциальном воздействии на энергию в результате принятия автономных транспортных средств показывает, что потребление энергии в США с использованием LDV может уменьшиться, примерно, на 60%, или может увеличиться на 200%, в зависимости от выбора технологий [16]. Варианты этих возможных изменений в трех наиболее правдоподобных вариантах приведены на рисунке 11.

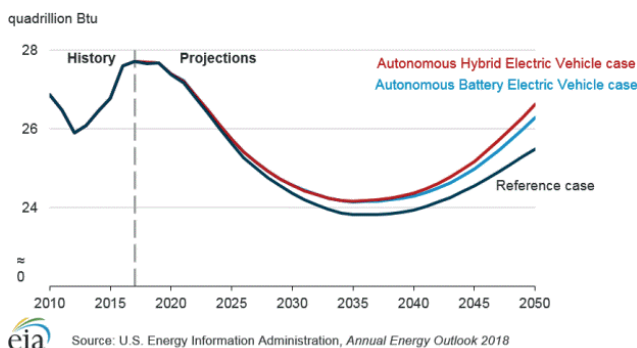


Рис. 11. Транспортное потребление энергии в трех вариантах развития технологий электромобилей, 2010-2050 гг. [16].

Fig. 11. Transport energy consumption in three variants of the development of electric vehicle technologies, 2010-2050 [16].

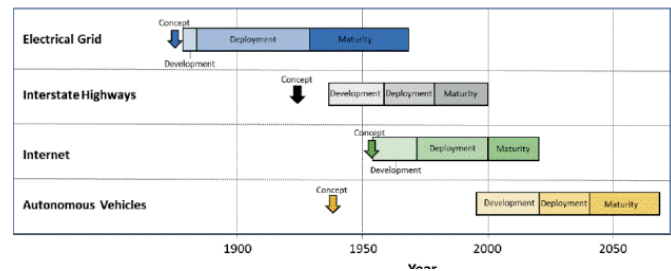


Рис. 12. История программ в масштабе сети [16].

Fig. 12. Network-wide program history [16].

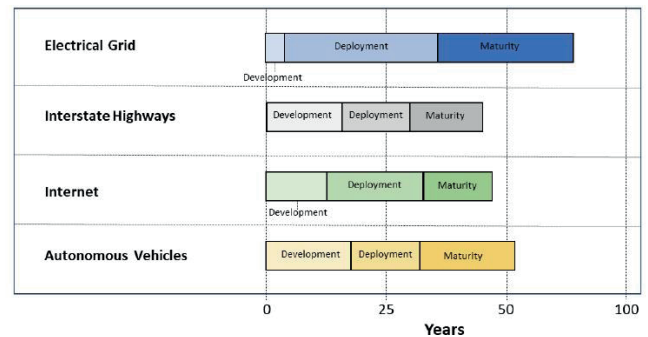


Рис. 13. Сетевые программы: сравнительные циклы разработки [16].

Fig. 13. Networking programs: comparative development cycles [16].

Чрезвычайно интересны рисунки 12 и 13, взятые нами из [16]. В них сравниваются циклы и временные рамки создания в США электрических сетей, федеральных автотрасс между штатами, развития сети интернета и предполагаемые сроки создания сети CAV на базе первых трех упомянутых. Цитируем перевод части [16], показывающее представление о процессе внедрения CAV в США:

В то время как полевые испытания продолжают во всем мире, начались практические развертывания, которые варьируются от специализированных мест (автопогрузчики в Австралии и других странах) до транспортных средств с ограниченными возможностями (низкоскоростные челноки в университетских городках и закрытых местах). Уже практически развертываются транспортные средства с некоторыми автоматизированными технологиями (чему свидетельством является растущее количество транспортных средств, оснащенных автоматическим торможением и определением пересечения дорожных полос разметки, а также Tesla, с возможностью самостоятельного вождения на определенных типах дорог). На дорогах возникнет еще много автомобилей (CAV):

В 2018 году компания Waymo (компания Google) уже имеет 600 автомобилей CAV в Финикс-Аризоне и планирует заказать до 82 000 автомобилей (20 000 внедорожников Jaguar и 62 000 микроавтобусов Chrysler Pacifica типа CAV) с планами развертывания их в совместном обслуживании с 2019 года.

Uber только что объявил, что они будут покупать 24 000 Volvos (CAV стоимостью около 1 миллиарда долларов США) для развертывания в качестве транспортных средств общего пользования, начиная с 2019 года; это развертывание может быть отложено после фатального сбоя в Темпе-Аризоне в начале 2018 года.

Все большее число автомобильных компаний начали про-



давать автомобили высокого класса с возможностью самостоятельного вождения для использования на определенных дорогах.

Десятилетняя история или как развивался CAV

Столь оптимистичный прогноз развития направления CAV технически базируется на серьезном опыте применения CAV, например, в горнорудном секторе экономики [17]. Так в 2018 году, судя по публикации [17]: «Komatsu отмечает десятую годовщину коммерческого развертывания своей автономной системы перевозок (AHS). В Австралии, Северной и Южной Америке работают более 100 грузовиков AHS, а Komatsu планирует ускорить темпы развертывания AHS. В 2005 году Komatsu начала испытание AHS на медной шахте Codelco в Чили и добились первого в мире коммерческого развертывания AHS с Codelco в январе 2008 года.

Второе успешное развертывание, последовавшее в конце 2008 года на железной руде Rio Tinto в Австралии, и Rio Tinto в настоящее время эксплуатирует грузовики AHS в четырех шахтах в регионе Пилбара в Западной Австралии.

Вся операция AHS контролируется удаленно и эффективно от операционного центра Rio Tinto в Перте, примерно в 1500 км от шахт. Сегодня AHS работает круглосуточно, перевозя три разных товара, в шести шахтах на трех континентах. К концу 2017 года AHS зафиксировала рекордную в мире суммарную сумму в 1,5 млрд. тонн заготовленных материалов.

В области безопасности AHS значительно безопаснее, чем в обычных горнодобывающих средах, где даже небольшая ошибка вождения автомобиля может привести к серьезной аварии.

С AHS производительность улучшилась, уменьшив затраты на загрузку и отгрузку более чем на 15% по сравнению с обычными методами транспортировки, говорит компания. Кроме того, оптимизированные автоматические средства управления AHS уменьшают внезапное ускорение и резкое рулевое управление, что приводит к 40%-ному улучшению срока службы шин по сравнению с обычными операциями.

Чтобы расширить доказанные преимущества AHS для операций с пилотируемыми транспортными путями, Komatsu провела и завершила испытания своего комплекта модернизации AHS на существующей шахте Rio Tinto в сентябре 2017 года. Комплект для модернизации, установленный на стандартном грузовике 830E электропривода Komatsu 830E (номинальная полезная нагрузка: 220 тонн), позволил грузовику работать в автономном режиме. В результате Komatsu недавно получил заказ от Rio Tinto на 29 комплектов для модернизации AHS, который будет установлен на стандартных грузовиках стандарта 830E, работающих в настоящее время на руднике Brockman 4 Rio Tinto.

В дополнение к расширению комплекта модернизации AHS для включения других основных моделей стандартных грузовых автомобилей с электроприводом Komatsu Komatsu планирует улучшить функции смешанной работы AHS. Планируемые усовершенствования позволят пилотируемыми грузовыми автомобилями любого типа безопасно взаимодействовать с грузовиками Komatsu AHS в смешанной операции флота.

В соответствии с этой инициативой, Komatsu взяла на себя обязательство предоставить клиентам горнодобывающей промышленности решения AHS, которые отвечают растущему спросу на постепенный переход от существующих к полностью автоматизированным шахтам».

Вопросам опыта применения CAV в горнорудной промышленности мира посвящена только что защищенная диссертация 2018 года [6]. В ней написано: «Горная добыча обычно разделяется на две разные категории: (наземная) добыча полезных ископаемых и подземная добыча. Как следует из названий, добыча полезных ископаемых - добыча полезных ископаемых на земле, где доступ к рудным месторождениям осуществляется путем удаления верхних слоев почвы и горных пород. С другой стороны, при подземных разработках рудные месторождения получают, копая подземные туннели. Оба они очень похожи в работе, но отличаются в некоторых ключевых областях, и эти различия также в некоторой степени влияют на автономные операции.

Независимо от того, какой тип горной промышленности находится под вопросом, жизненный цикл шахты, как правило, одинаковый для обоих. Традиционный жизненный цикл шахты разделяется на пять отдельных этапов: разведка, разведка, дальнейшая разработка, эксплуатация и утилизация. В первых двух фазах местоположение шахты определяется поиском и проверкой рудных тел. На этапе разработки строится необходимая инфраструктура для горных работ, включающая дороги, туннели доступа и т. д. Далее, фактическая добыча ведется на этапе эксплуатации, где ископаемые рудные тела извлекаются из земли. Наконец, когда руда полностью эксплуатируется, начинается этап рекультивации, когда рудник закрывается, а воздействие на окружающую среду сводится к минимуму за счет восстановления растительности и водоснабжения.

Проблемы автономии в горнодобывающей промышленности очень похожи на проблемы, с которыми сталкиваются другие отрасли промышленности, но опасные условия добычи полезных ископаемых создают дополнительную проблему. Например, как указывалось ранее, на перевозку приходится большая часть эксплуатационных расходов на добычу полезных ископаемых, следовательно, отсюда большой интерес к автономным транспортным средствам. Эти транспортные средства страдают от таких же ситуационных проблем и проблем локализации, как и другие автономные транспортные средства, но операционная среда значительно увеличивает эти проблемы.

Горные работы и окружающая среда сильно различаются между поверхностными и подземными приложениями, поэтому требуются разные типы автономии и необходимы разные технологии. Например, в подземных приложениях машины перемещаются в подземных туннелях, где сигналы GPS недоступны, и должны использоваться другие методы локализации, тогда как в наземных интеллектуальных сигналах GPS имеются, но эксплуатационная среда гораздо менее структурирована, чем эквивалентные подземные туннели.



Рис. 14. Типичная машина LHD [6].

Fig. 14. Typical LHD car [6].



Традиционно, машины LHD являются автомобилями, которые используют либо дизель, либо электроэнергию. Они весом от 20 до 75 тонн и длиной от 8 до 15 метров. Нормальные рабочие скорости для машин LHD составляют, примерно, 20 км/ч до 30 км/ч (рисунки 14 и 15).



Рис. 15. Механическое взаимодействие между машиной LHD и подземным грузовиком [6].

Fig. 15. Mechanical interaction between the LHD car and the underground truck [6].

Современные LHD-машины могут работать с традиционным человеческим оператором, посредством телеоперации или полуавтономно, но не полностью автономно. Фазы перемещения и сброса рабочего цикла машины LHD полностью автономны, но фаза загрузки должна выполняться оператором вручную или посредством телеоперации.

Другие области добычи полезных ископаемых также способствовали достижению автономии. Они варьируются от автономных грузовых автомобилей до тренировок с автономными функциями. Многие из них принесли свои плоды из-за успехов, достигнутых в автономии подземных перевозок.

Еще одна высокопрофессиональная и коммерчески доступная область автономии для добычи полезных ископаемых - это грузовики с наземной добычей, которые следовали по стопам подземных грузовых машин. Пример такой машины представлен на рисунке 16. В общем, машины для поверхностного перемещения аналогичны своим подземным коллегам, но в основном отличаются размерами и условиями эксплуатации. Поверхностным грузовым автомобилям также поручено перемещать материал горных пород вокруг шахтного участка, но обычно расстояния значительно больше, чем в подземных работах. Поверхностные грузовики также значительно больше, поскольку их грузоподъемность обычно составляет несколько сотен тонн.



Рис. 16. Автономный карьерный карьер (Caterpillar 2018).
Fig. 16. Autonomous career (Caterpillar 2018).

Поверхностные грузовые автомобили предлагают разную степень автономности, от простых вспомогательных систем водителя, таких как системы предупреждения о столкновениях и автопотоков до полностью автономной работы. Также возможна полуавтономность, включая телеоперацию.

Летом 2018 года компания Rio Tinto подвела итоги эксплуатации самого большого парка CAV в мире, и эти результаты очень впечатляют так как они свидетельствуют о замечательных практических результатах применения различных CAV (рисунки 17 и 18).

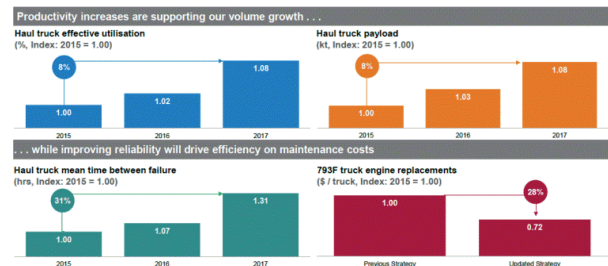


Рис. 17. Итоги применения CAV увеличение экономики применения и снижение отказов (источник - © 2018, Rio Tinto, All Rights Reserved, июнь 2018).

Fig. 17. CAV application results increase in economics of application and reduction of failures (source - © 2018, Rio Tinto, All Rights Reserved, June 2018).

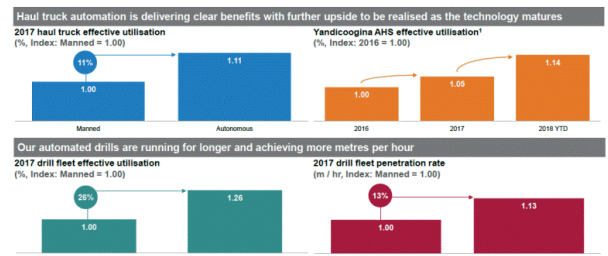


Рис. 18. Значительные улучшения, достигнутые на шахтах Rio Tinto в комплексном применении различных CAV (источник - © 2018, Rio Tinto, All Rights Reserved июнь 2018).

Fig. 18. Significant improvements achieved in the Rio Tinto mines in the complex application of various CAV (source - © 2018, Rio Tinto, All Rights Reserved, June 2018).

Как выглядит грузовик CAV показано на рисунке 19, а собственно парк CAV на шахтах Rio Tinto в комплексном применении различных CAV можно увидеть на рисунке 20.

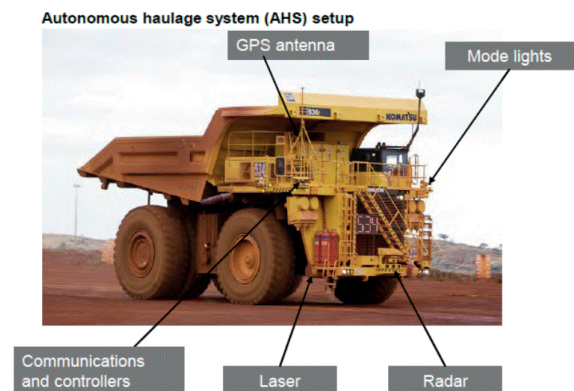


Рис. 19. Какие сенсоры позволяют управлять CAV грузовиком в Rio Tinto (источник - © 2018, Rio Tinto, All Rights Reserved июнь 2018).

Fig. 19. What sensors allow you to drive a CAV truck in Rio Tinto (source - © 2018, Rio Tinto, All Rights Reserved, June 2018).



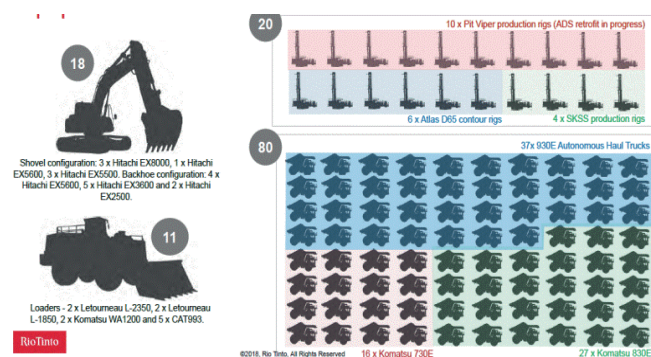


Рис. 20. Парк и типы автономных машин (источник – © 2018, Rio Tinto, All Rights Reserved июнь 2018).

Fig. 20. Vehicle pool and types of autonomous vehicles (source – © 2018, Rio Tinto, All Rights Reserved, June 2018).

Но не только горнорудный сектор использует CAV, значительный рынок их потребления существует в сельском хозяйстве и меньший - в лесном хозяйстве.



Рис. 21. Автономный трактор CaseIH Magnum дебютировал на выставке Farm Progress Show в Буэне, штат Айова в 2018 году [18].

Fig. 21. CaseIH Magnum autonomous tractor debuted at the Farm Progress Show in Buene, Iowa in 2018 [18].

Технология CAV способна выполнять короткие повороты в ограниченном пространстве, что очень важно для сельского хозяйства. Первые приложения уже несколько лет работают в полях, в садах и виноградниках, где точность имеет решающее значение. По расписанию полевых работ, которые измеряются в количестве доступных недель на поле, в сельском хозяйстве, чем дальше на север в северном полушарии, тем меньше времени у фермеров для выполнения своих задач. Поэтому эффективность обработки и CAV имеют решающее значение. В силу технологий сельского хозяйства, основное внимание обращается на автономные тракторы и их взаимодействие с прицепами. CAV системы без водителя развились сегодня так, что тракторы могут выполнять все обычные полевые работы с дополнительными преимуществами не только по времени, но и по экономике и энергоэффективности. Конструктивные особенности позволяют делать совсем другие трактора CAV, например, имеющие два дизельных двигателя, два генератора и четыре электропривода.



Рис. 22. Дизельная / электрическая система новых CAV тракторов позволяет точно управлять четырьмя шинами привода новой сеялки-прицепа с рассадой [18].

Fig. 22. The diesel / electric system of the new CAV tractors enables precise handling of four lines of a new seed drill with seedlings [18].



Рис. 23. Примеры работы тракторов с прицепом [19].

Fig. 23. Examples of tractors with a trailer [19].

Фотографии техники CAV, применяемой в сельском хозяйстве, можно увидеть на рисунках 21 - 23.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] The Future of Trucks. Implications for energy and the environment. International Energy Agency. Second edition. Paris : OECD/IEA, 2017. DOI: 10.1787/9789264279452-en
- [2] Global Automotive Executive Survey. KPMG, 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://home.kpmg/au/en/home.html> (дата обращения: 12.06.2018).
- [3] Autonomous trucks. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.trucks.com/2018/08/23/trucking-freight-pushes-autonomous-vehicles/> (дата обращения: 12.06.2018).
- [4] *Evas T*. A common EU approach to liability rules and insurance for connected and autonomous vehicles. European Added Value Assessment. Accompanying the European Parliament's legislative own-initiative report (Rapporteur: Mady Delvaux). Manuscript completed in February 2018, EPRS, 2018. 194 p. URL: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/615635/EPRS_STU\(2018\)615635_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/615635/EPRS_STU(2018)615635_EN.pdf) (дата обращения: 12.06.2018).
- [5] Statement on Artificial Intelligence, Robotics and 'Autonomous' Systems. European Group on Ethics in Science and New Technologies. Brussels, 9 March 2018. European Commission B-1049 Brussels Printed by OP in Luxembourg, Manuscript



- completed in March 2018. 20 p. URL: http://ec.europa.eu/research/ege/pdf/ege_ai_statement_2018.pdf (дата обращения: 12.06.2018).
- [6] Heath T. Autonomous Industrial Machines and the Effect of Autonomy on Machine Safety. Tampere University of Technology, 2018. 62 p. URL: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/25819> (дата обращения: 12.06.2018).
- [7] Ungurean Bc. D. DeepRCar: An Autonomous Car Model. Czech Technical University in Prague, Faculty of Information Technology. Prague, 2018. 67 p. URL: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/76316/F8-DP-2018-Ungurean-David-thesis.pdf?sequence=-1&isAllowed=y> (дата обращения: 12.06.2018).
- [8] Lima P.F. Optimization-Based Motion Planning and Model Predictive Control for Autonomous Driving. With Experimental Evaluation on a Heavy-Duty Construction Truck. Stockholm, Sweden, KTH Royal Institute of Technology, 2018. 177 p.
- [9] Paulsen J.T. Physical Infrastructure Needs for Autonomous & Connected Trucks An Exploratory Study. Norwegian University of Science and Technology, 2018. 89 p.
- [10] Куприяновский В.П. и др. Развитие транспортно-логистических отраслей Европейского Союза: открытый BIM, Интернет Вещей и кибер-физические системы // International Journal of Open Information Technologies. 2018. Т. 6, № 2. С. 54-100. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32360661> (дата обращения: 12.06.2018).
- [11] 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).
- [12] Dziczek K., Schultz M., Swiecki B., Chen Y. NAFTA Briefing: Review of current NAFTA proposals and potential impacts on the North American automotive industry. Center for Automotive Research, USA, 2018. 12 p. URL: https://www.cargroup.org/wp-content/uploads/2018/04/nafta_briefing_april_2018_public_version-final.pdf (дата обращения: 12.06.2018).
- [13] Automated Driving Systems 2.0. A Vision for Safety. U.S. Department of Transportation, NHTSA, September 2017. [Электронный ресурс]. URL: https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13069a-ads2.0_090617_v9a_tag.pdf (дата обращения: 12.06.2018).
- [14] U.S. Department of Transportation Public Listening Summit on Automated Vehicle Policy. Summary Report. U.S. Department of Transportation, July 2018. 34 p. URL: <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/policy-initiatives/automated-vehicles/314091/usdot-public-listening-summit-automated-vehicle-policy-summary-report.pdf> (дата обращения: 12.06.2018).
- [15] America's Workforce and the Self-Driving Future. Realizing Productivity Gains and Spurring Economic Growth. June 2018. Securing America's Future Energy (SAFE), 2018. 47 p. URL: https://avworkforce.secureenergy.org/wp-content/uploads/2018/06/Americas-Workforce-and-the-Self-Driving-Future_Realizing-Productivity-Gains-and-Spurring-Economic-Growth.pdf (дата обращения: 12.06.2018).
- [16] Autonomous Vehicles: Uncertainties and Energy Implications. Issue in Focus from the Annual Energy Outlook 2018. May 2018. Independent Statistics & Analysis. Department of Energy, Washington, 2018. 16 p. URL: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AV.pdf> (дата обращения: 12.06.2018).
- [17] Komatsu reaches 10-year milestone in autonomous haulage // Robotics & Automation News. 2018. March 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://roboticsandautomationnews.com/2018/03/06/komatsu-reaches-ten-year-milestone-in-autonomous-haulage/16307/> (дата обращения: 12.06.2018).
- [18] Raine M. Driverless, robotic tractors // The Western Producer. 2016. December 29. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.producer.com/2016/12/driverless-robotic-tractors/> (дата обращения: 12.06.2018).
- [19] The Drive Toward Change: Use Cases for Automated Vehicles. Version 1.0. May 2018. Oregon Department of Transportation, 2018. 26 p. URL: <https://www.oregon.gov/ODOT/Programs/CAV%20documents/AV-ODOT-Use-Cases-for-Automated-Vehicles.pdf> (дата обращения 12.06.2018).

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

References

- [1] The Future of Trucks. Implications for energy and the environment. International Energy Agency. Second edition. Paris : OECD/IEA, 2017. DOI: 10.1787/9789264279452-en
- [2] Global Automotive Executive Survey. KPMG, 2018. Available at: <https://home.kpmg/au/en/home.html> (accessed 12.06.2018).
- [3] Autonomous tracks. Available at: <https://www.trucks.com/2018/08/23/trucking-freight-pushes-autonomous-vehicles/> (accessed 12.06.2018).
- [4] Evas T. A common EU approach to liability rules and insurance for connected and autonomous vehicles. European Added Value Assessment. Accompanying the European Parliament's legislative own-initiative report (Rapporteur: Mady Delvaux). Manuscript completed in February 2018, EPRS, 2018. 194 p. Available at: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/615635/EPRS_STU\(2018\)615635_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/615635/EPRS_STU(2018)615635_EN.pdf) (accessed 12.06.2018).
- [5] Statement on Artificial Intelligence, Robotics and 'Autonomous' Systems. European Group on Ethics in Science and New Technologies. Brussels, 9 March 2018. European Commission B-1049 Brussels. Printed by OP in Luxembourg, Manuscript completed in March 2018. 20 p. Available at: http://ec.europa.eu/research/ege/pdf/ege_ai_statement_2018.pdf (accessed 12.06.2018).
- [6] Heath T. Autonomous Industrial Machines and the Effect of Autonomy on Machine Safety. Tampere University of Technology, 2018. 62 p. Available at: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/25819> (accessed 12.06.2018).
- [7] Ungurean Bc. D. DeepRCar: An Autonomous Car Model. Czech Technical University in Prague, Faculty of Information Technology. Prague, 2018. 67 p. Available at: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/76316/F8-DP-2018-Ungurean-David-thesis.pdf?sequence=-1&isAllowed=y> (accessed 12.06.2018).
- [8] Lima P.F. Optimization-Based Motion Planning and Model Predictive Control for Autonomous Driving. With Experimental Evaluation on a Heavy-Duty Construction Truck. Stockholm,



- [9] Sweden, KTH Royal Institute of Technology, 2018. 177 p.
- [9] Paulsen J.T. Physical Infrastructure Needs for Autonomous & Connected Trucks An Exploratory Study. Norwegian University of Science and Technology, 2018. 89 p.
- [10] Kupriyanovsky V. et al. On development of transport and logistics industries in the European Union: open BIM, Internet of Things and cyber-physical systems. *International Journal of Open Information Technologies*. 2018; 6(2):54-100. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32360661> (accessed 12.06.2018). (In Russian)
- [11] 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)
- [12] Dziczek K., Schultz M., Swiecki B., Chen Y. NAFTA Briefing: Review of current NAFTA proposals and potential impacts on the North American automotive industry. Center for Automotive Research, USA, 2018. 12 p. Available at: https://www.cargroup.org/wp-content/uploads/2018/04/nafta_briefing_april_2018_public_version-final.pdf (accessed 12.06.2018).
- [13] Automated Driving Systems 2.0. A Vision for Safety. U.S. Department of Transportation, NHTSA, September 2017. Available at: https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13069a-ads2.0_090617_v9a_tag.pdf (accessed 12.06.2018).
- [14] U.S. Department of Transportation Public Listening Summit on Automated Vehicle Policy. Summary Report. U.S. Department of Transportation, July 2018. 34 p. Available at: <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/policy-initiatives/automated-vehicles/314091/usdot-public-listening-summit-automated-vehicle-policy-summary-report.pdf> (accessed 12.06.2018).
- [15] America's Workforce and the Self-Driving Future. Realizing Productivity Gains and Spurring Economic Growth. June 2018. Securing America's Future Energy (SAFE), 2018. 47 p. Available at: https://avworkforce.secureenergy.org/wp-content/uploads/2018/06/Americas-Workforce-and-the-Self-Driving-Future_Realizing-Productivity-Gains-and-Spurring-Economic-Growth.pdf (accessed 12.06.2018).
- [16] Autonomous Vehicles: Uncertainties and Energy Implications. Issue in Focus from the Annual Energy Outlook 2018. May 2018. Independent Statistics & Analysis. Department of Energy, Washington, 2018. 16 p. Available at: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AV.pdf> (accessed 12.06.2018).
- [17] Komatsu reaches 10-year milestone in autonomous haulage. *Robotics & Automation News*. 2018. March 6. Available at: <https://roboticsandautomationnews.com/2018/03/06/komatsu-reaches-ten-year-milestone-in-autonomous-haulage/16307/> (accessed 12.06.2018).
- [18] Raine M. Driverless, robotic tractors. *The Western Producer*. 2016. December 29. Available at: <https://www.producer.com/2016/12/driverless-robotic-tractors/> (accessed 12.06.2018).
- [19] The Drive Toward Change: Use Cases for Automated Vehicles. Version 1.0. May 2018. Oregon Department of Transportation, 2018. 26 p. Available at: <https://www.oregon.gov/ODOT/Programs/CAV%20documents/AV-ODOT-Use-Cases-for-Automated-Vehicles.pdf> (accessed 12.06.2018).

Submitted 12.06.2018; revised 10.09.2018;
published online 30.09.2018.

About the authors:

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

Alexander S. Misharin, Doctor of Technical Sciences, First Deputy Director General, Joint Stock Company "Russian Railways" (2 Novaja Basmannaja Str., Moscow 107174, Russia); Associate Professor, Head of the Department of High-Speed Transport Systems, Russian University of Transport (MIIT) (2 Minaevskij per., Moscow 127055, Russia); President of the Russian Transport Academy (1 bl., 34 Masha Poryvaeva Str., Moscow 107078, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3068-9676>, info@vsmexpert.ru

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

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



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.

