

# Экономические эффекты автономных (беспилотных) автомобилей

В.С. Лазуткина, О.Н. Покусаев, В.П. Куприяновский, С.А. Снягов

**Аннотация**—В статье обсуждаются экономические эффекты от внедрения автономных (беспилотных) автомобилей. Во-первых, в работе рассматривается организация движения беспилотных автомобилей в автоматически формируемых на дороге колоннах (англоязычный термин – platooning). Такая схема движения уменьшает расстояния между автомобилями или грузовиками с помощью электронной и, возможно, механической связи. Эта возможность позволяет автомобилям или грузовикам ускоряться или тормозиться одновременно. Эта система также обеспечивает более малое расстояние между транспортными средствами путем устранения реагирующего расстояния, необходимого для реакции человека. Такая схема движения позволяет, например, существенно экономить топливо и, соответственно, снизить воздействие на окружающую среду. Далее речь идет о расширенных системах помощи водителям или ADAS - системах, которые помогают водителю в процессе движения. Они должны повысить безопасность автомобиля и, в целом, безопасность дорожного движения. На сегодняшний день они уже практически применяются всеми производителями автомобилей. Большинство дорожно-транспортных происшествий происходит из-за человеческой ошибки. Расширенные системы поддержки водителя - это системы, разработанные для автоматизации, адаптации и улучшения систем транспортных средств для обеспечения безопасности и улучшения вождения. Доказано, что автоматизированная система, предоставляемая ADAS автомобилю, снижает количество дорожно-транспортных происшествий, сводя к минимуму человеческую ошибку. В заключительном разделе речь идет о моделях применения автономных (беспилотных) автомобилей в разных странах. При этом в первую очередь рассматриваются грузовые перевозки.

**Ключевые слова**— автономные автомобили; организация движения; экономика.

Статья получена 30 декабря 2018. Рекомендована организационным комитетом III Международной научной конференции «Конвергентные когнитивно-информационные технологии».

Лазуткина Варвара Сергеевна – эксперт Российская Академия Транспорта (email: v.lazutkina@rut.digital)

Покусаев Олег Николаевич – кандидат экономических наук, исполнительный директор Российской Академии транспорта; директор Центра высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: o.pokusaev@rut.digital)

Куприяновский Василий Павлович – эксперт Центра высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ); Национальный Центр Цифровой Экономики МГУ имени М.В. Ломоносова (email: v.kupriyanovsky@rut.digital)

Снягов Сергей Анатольевич – независимый исследователь (email: ssinyagov@gmail.com).

## I. КОНЦЕПЦИЯ “ВЗВОДА” ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В этом разделе мы бы хотели остановиться на организации движения автомобилей в автоматически формируемых на дороге колоннах. За не отсутствием иного, мы будем использовать англоязычный термин platoon (взвод, группа, отряд). Возможные варианты – караван. Группировка транспортных средств во взводах - это метод увеличения пропускной способности дорог. Предлагаемая технология для этого - автоматизированная система шоссе. Взводы уменьшают расстояния между автомобилями или грузовиками с помощью электронной и, возможно, механической связи. Эта возможность позволила бы многим автомобилям или грузовикам ускоряться или тормозиться одновременно. Эта система также обеспечивает более малое расстояние между транспортными средствами путем устранения реагирующего расстояния, необходимого для реакции человека. Взводный способ может потребовать покупки новых автомобилей, или это может быть что-то, чем можно дооснастить старые. Водителям, вероятно, потребуется специальное одобрение лицензии в связи с новыми необходимыми навыками и дополнительной ответственностью за лидерство. Смарт-автомобили с искусственным интеллектом или CAV (Connected and Autonomous Vehicles) могут автоматически присоединяться и покидать взводы. Автоматизированная система шоссе представляет возможности для организации движения во взводах от 8 до 25 движущихся средств. В последнее время взвод грузовиков был предложен как концепция сокращения потребления энергии автомобилями и повышения возможности использования электрических полуприцепов.

Поездки взводом или конвоем давно отрабатываются военными в рамках своих программ CAV, они наиболее просто реализуются, и им также существенна выделенная полоса для упрощения конструкции. Именно поэтому эта реализация CAV рассматривается экспертами как самая реальная уже сегодня, и к тому же приносящая очень существенные экономические и иные выгоды.

На рисунке 1 показан такой реальный взвод грузовиков. Конечно, расстояния между автомобилями может быть разным в зависимости от применяемых технологий (рисунок 2) и возможного дооборудования

старых движущихся средств (рисунок 3).

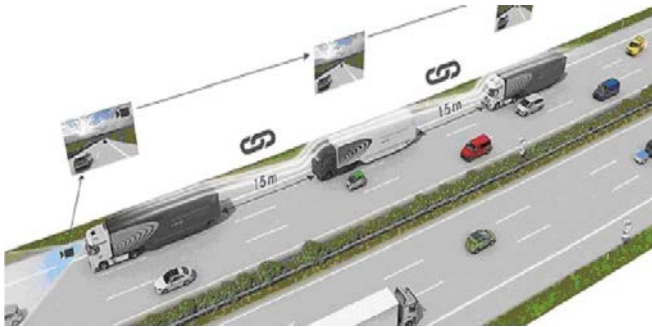


Рис. 1. Взвод грузовика Daimler от ETPC 2016 года [1].

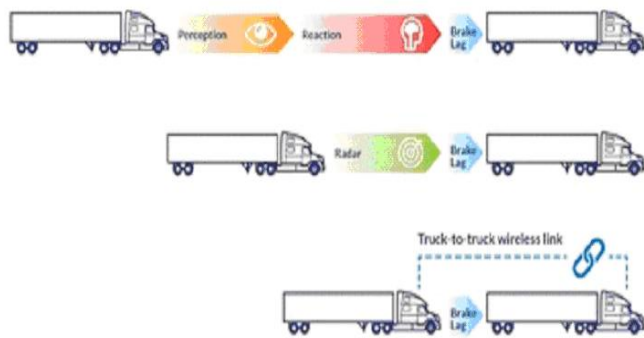


Рис. 2. Различия в разрыве для разных технологий (Peloton-tech.no, 2017) [1]



Рис. 3. Пример переоборудования грузовиков для езды взводом (источник -VDI Wissensforum)

На прошедшей недавно в США конференции ACM MobiHoc, Los Angeles, Jun 25-28, 2018 шведский опыт докладывался Karl H. Johansson Electrical Engineering and Computer Science KTH Royal Institute of Technology Sweden (далее эти материалы в иллюстрациях будут помечаться как Karl H. Johansson).

Проблема того, как эффективно транспортировать товары между городами по сети автомагистралей давно рассматривается в ЕС, в том числе, и с использованием взводов [2]. Целью этих исследований было максимизировать сотрудничество в области расхода топлива и охраны труда с ограниченным вмешательством в скорость транспортного средства, маршрут и время.

Характеристики для ЕС определяются (Karl H. Johansson) как следующие:

- 2 000 000 тяжелых грузовиков в ЕС по сетям фиксированных дорог- 400 000 в Германии
- Крупная распределенная система управления без координации в реальном времени существующая сегодня
- Несколько крупных и мелких владельцев флота с разнородными автопарками- 97% эксплуатируют 20 или меньше грузовиков ( данные для США)
- Жесткие сроки поставки и высокие надежды на надежность.

При этом сегодня (Х.Луданек, технический директор, Scania) - 24% грузовиков пустуют и средняя загруженность 57% от грузоподъемности. В ЕС наиболее полную и успешную пилотную реализацию осуществили в Швеции ("Sweden4platooning") и ее результаты используются при развитии этой темы, как в ЕС, так и в США.

Технически, именно связь между автомобилями или транспортными средствами объединяет взводы (или автопоезда) и при этом выявлено что:

- Нет связи - нет взвода (или совместного адаптивного круиз контроля, САСС)
- Связь V2X рассматривается как датчик с различными характеристиками по сравнению с радаром, лидаром или камерой.

• Первое транспортное средство взвода может управляться вручную или автоматически - следующие транспортные средства контролируются как в поперечном, так и в продольном направлении на основе информации датчиков

- Маркировка транспортных средств вдоль друг друга во время движения друг за другом необходима для продольного управления с использованием фронтального радара и V2X

• При этом достигается лучшее использование существующей дорожной инфраструктуры (меньше заторов дорожного движения и увеличивается емкость сети), что основано на следующем доказанном факте

- АСС требует временного прогона не менее 2,8 с. для стабилизации
- Совместная или кооперативная АСС, использующая C-ITS, может уменьшить ее до не менее 0,9 с.

Трансформация от обычной езды грузовиков до езды соединенным взводом показана на рисунке 4, техническая архитектура приведена на рисунке 5, использование C-ITS для совместного управления взводом (рисунок 6), район, который использовался для расчетов можно увидеть на рисунке 7.

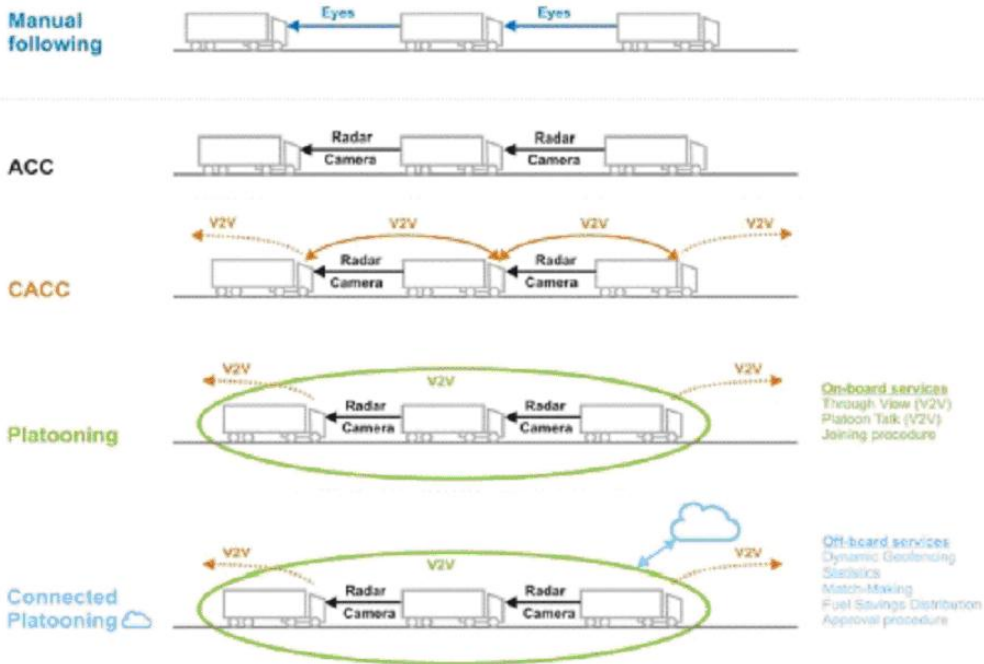
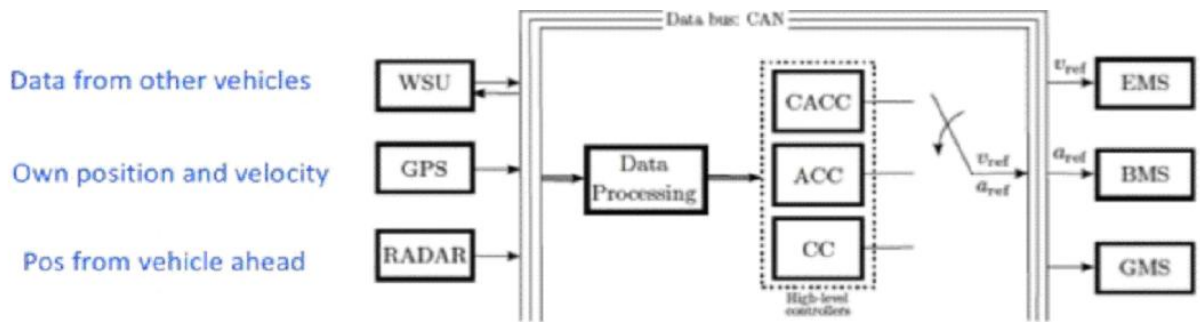


Рис. 4. Трансформация езды грузовиков от обычной до езды соединенным взводом (источник – Scania)



CACC – Collaborative adaptive cruise control  
 ACC – Adaptive cruise control  
 CC – Cruise control

EMS – Engine management system  
 BMS – Brake management system  
 GMS – Gear management system

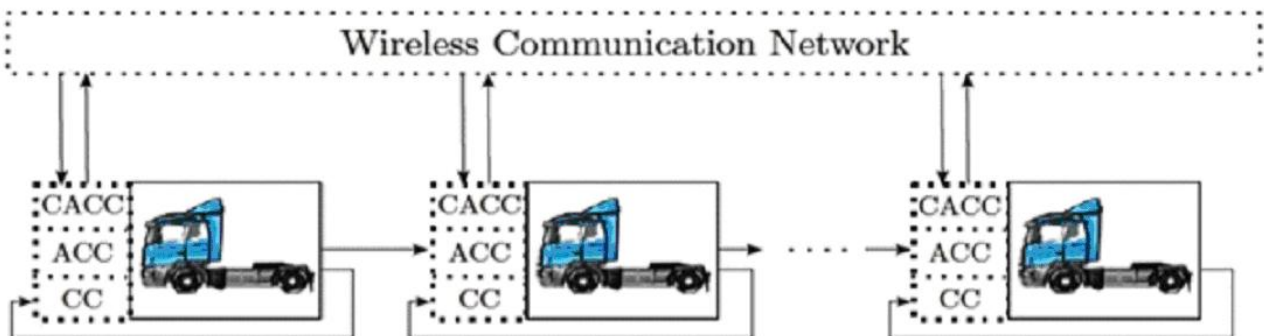


Рис.5. Архитектура системы транспортных средств при движении взводом (источник - Karl H. Johansson)

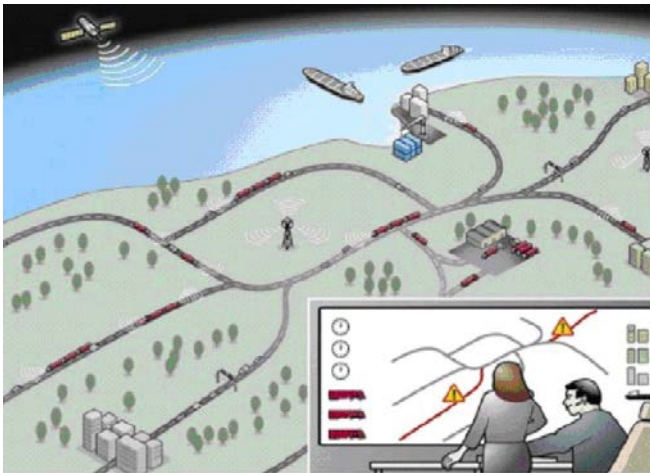


Рис. 6. Использование C-ITS для совместного управления взводом (источник - Karl H. Johansson)

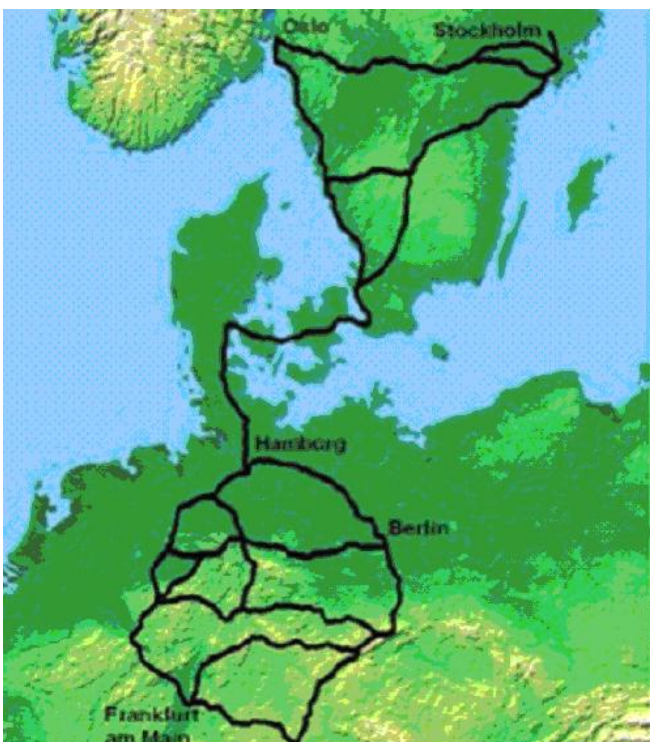


Рис. 7. Район предполагаемого использования, данные которого применялись для расчетов (источник - Karl H. Johansson)

Координация движения взвода позволяет определить самый короткий путь к месту назначения для каждого грузовика. Для этого по результатам работ Швеции полагается правильным:

1. Выбрать несколько грузовиков как лидеров, с фиксированными расписаниями.
2. Для других грузовиков, попарно вычисляются временные настройки
3. Производится совместная оптимизация скоростей.

На рисунке 35 показано, что в структуре затрат тяжелого грузового транспорта 70% составляют в ЕС затраты на водителей и топливо (примерно поровну).

CAV, в части автоматизации способа передвижения взводом, сокращает, в итоге, обе эти затратные статьи. Уменьшение воздушного сопротивления при взводе грузовиков дает 5-20% - ный потенциал сокращения потребления топлива [3]. Другие преимущества применения взводов можно посмотреть на рисунках 8, 9, 10, 11.

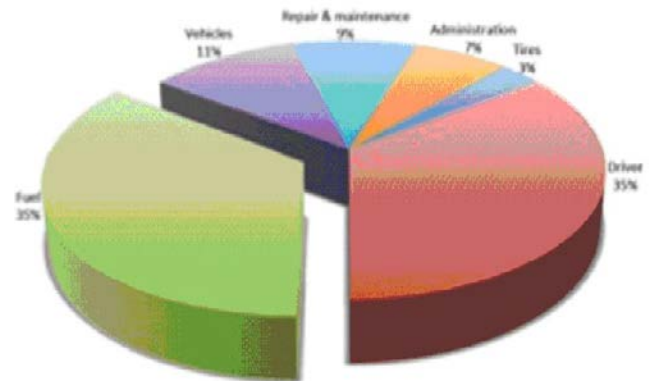


Рис. 8. Стоимость жизненного цикла для европейского тяжелого транспортного средства (водитель 35 % и топливо 35 %) (источник - Karl H. Johansson)

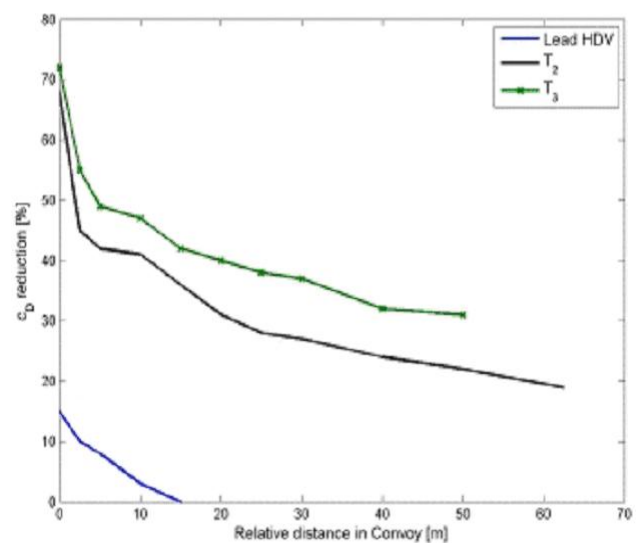


Рис. 9. Зависимости расстояния между автомобилями во взводе и потребления топлива (источник - Karl H. Johansson)

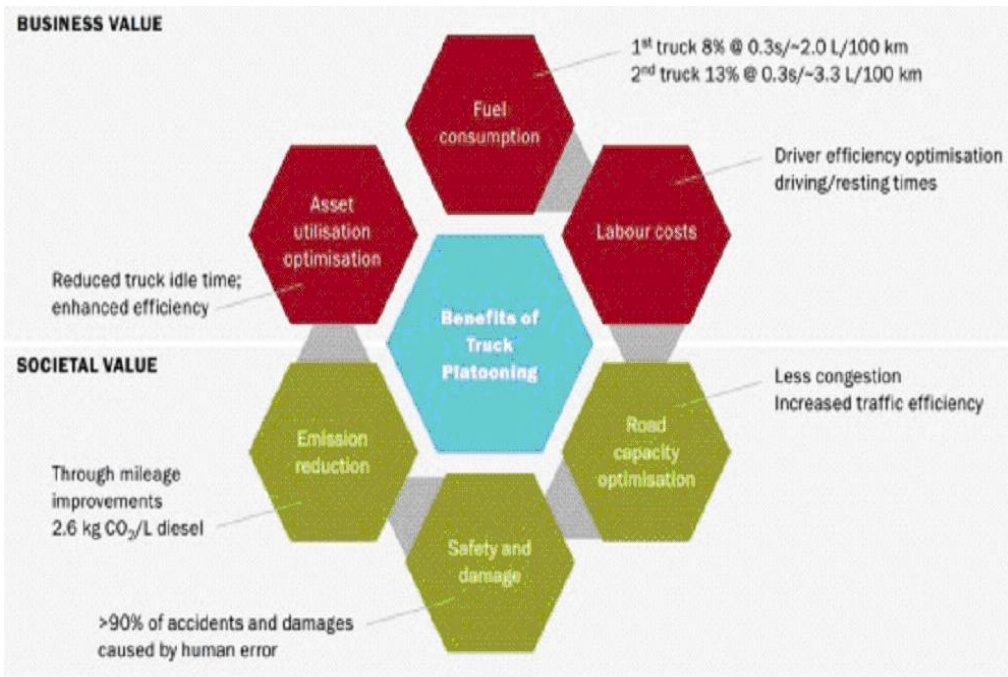


Рис. 10. Разносторонние преимущества использования взводов (источник -VDI Wissensforum)

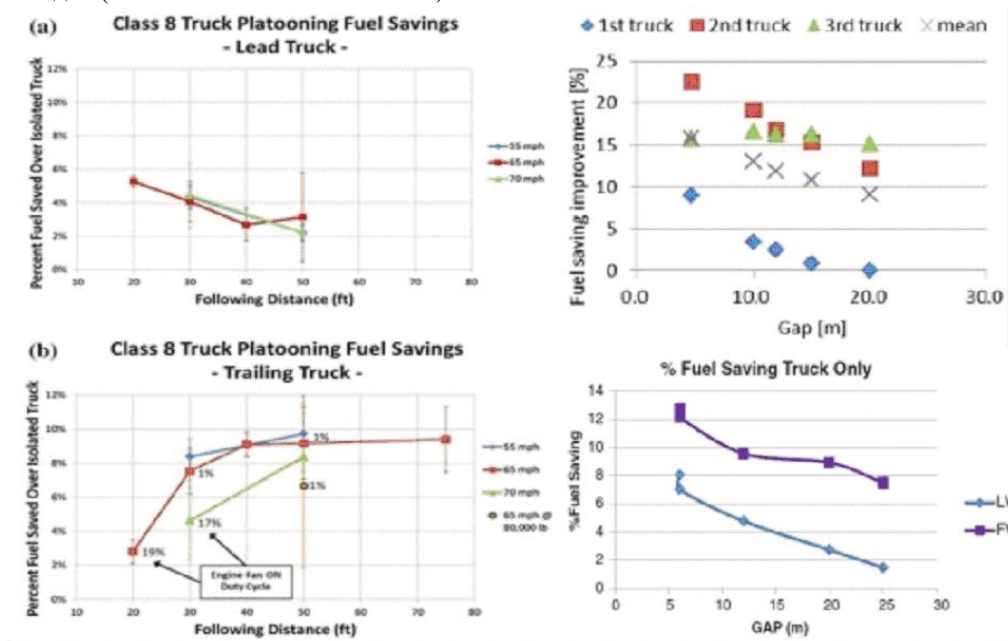


Рис. 11. Реальная экономия топлива для взводов грузовиков [1]

пример использования взводов (рисунок 14).

В США разрабатываются грандиозные планы взводов CAV, работающие через всю территория страны. Принимается во внимание, что человеческие возможности водителей ограничены 11 часами езды в день из-за правил безопасности, тогда как автоматизированные транспортные средства не имеют таких ограничений. При скорости 50 миль в час, автономные грузовики CAV в режиме взвода могут покрывать 1200 миль в день по сравнению с 550 милями для грузовика, управляемого человеком (рисунки 12 и 13). Более практичные скандинавы приводят расчеты перевозки свежих рыб между Норвегией и Японией как



Рис. 12. Супер трасса США для взводов (Источник - NSF Workshop on the Effect of Automated/Autonomous on

the U.S. Economy Trucks 2017)



Рис. 13. Через 2 дня автономный грузовик во взводе может покрыть 2400 миль (без учета остановки для заправки) (Источник - NSF Workshop on the Effect of Automated/Autonomous on the U.S. Economy Trucks 2017)

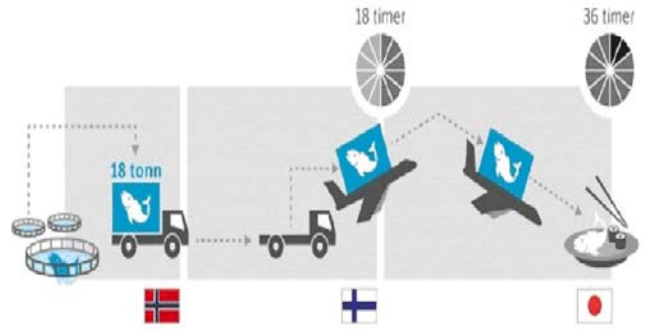


Рис. 14. Перевозки свежих рыб между Норвегией и Японией, как пример использования взводов [1]

Две основные проблемы были выявлены в ходе работ шведов: проблемы с безопасностью и необходимость взаимодействия грузовиков разных производителей при построении взвода. Обе проблемы были признаны практически решаемыми в ЕС. Пример решения последней проблемы показан на рисунке 15.

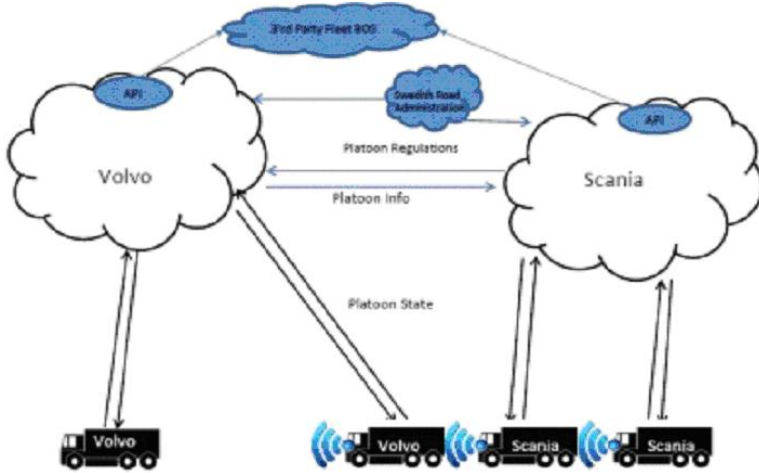


Рис. 15. Предлагаемое решение для совместного использования взводов грузовиками Volvo и Scania (источник – Scania)

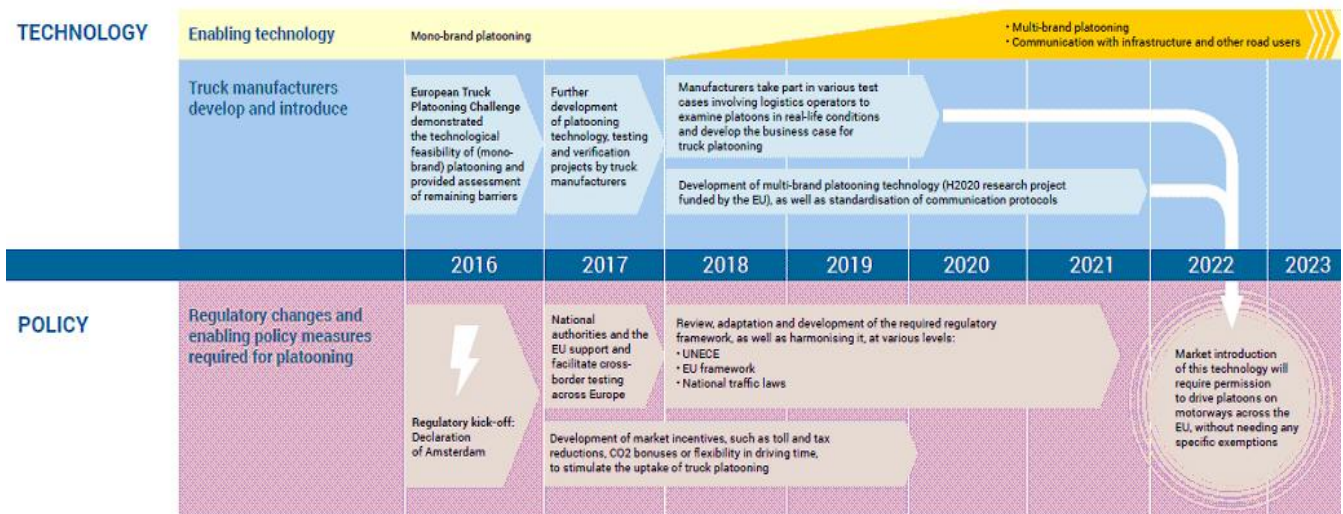


Рис. 16. Дорожная карта развития взводов в ЕС [2]

Общественные автодорожные организации ЕС уже разработали дорожную карту развития взводов в ЕС (рисунок 16). В этой «дорожной карте» представлен

обзор шагов, необходимых для реализации (до уровня SAE 2) до 2025 года. Он показывает, когда и под какие условия, взвод грузовиков может быть введен в соответствии с возможностями производителей грузовиков ЕС при условии соблюдения определенных

условий - некоторые из которых вне контроля индустрии грузовых автомобилей. Как и в США, речь, конечно, идет о дорогах. В мае 2018 решением ЕС [4] применение взводов было одобрено, и летом 2018 года уже был открыт специальный проект ЕС ENSEMBLE для подготовки практической реализации.

## II РАСШИРЕННЫЕ СИСТЕМЫ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЯМ ИЛИ ADAS

Расширенные системы помощи водителям или ADAS - это системы, которые помогут водителю в процессе движения. При разработке с безопасным человеко-машинным интерфейсом они должны повысить безопасность автомобиля и, в целом, безопасность дорожного движения [3]. Ее сегодняшнее состояние - это практическое применение всеми производителя автомобилей в той или иной мере и постепенная интеграция в CAV и соединение с системой взводов.

Большинство дорожно-транспортных происшествий происходит из-за человеческой ошибки. Расширенные системы поддержки водителя - это системы, разработанные для автоматизации, адаптации и улучшения систем транспортных средств для обеспечения безопасности и улучшения вождения. Доказано, что автоматизированная система, предоставляемая ADAS автомобилю, снижает количество дорожно-транспортных происшествий, сводя к минимуму человеческую ошибку [5]. Функции безопасности предназначены для предотвращения столкновений и аварий, предлагая технологии, которые предупреждают водителя о потенциальных проблемах или избегают столкновений путем осуществления гарантий и контроля над транспортным средством. Адаптивные функции могут автоматизировать освещение, обеспечивать адаптивный круиз-контроль и предотвращение столкновений, включать предупреждения от систем спутниковой навигации о дорожном движении, подключаться к смартфонам, предупреждать водителя о других автомобилях или опасностях, иметь систему предупреждения о выезде из полосы движения, поддерживать автоматическое выравнивание полосы или показывать, что находится в закрытых от взгляда водителя местах.

Все большее число современных автомобилей имеют усовершенствованные системы поддержки водителя, такие как электронный контроль устойчивости, антиблокировочные тормоза, предупреждение о выезде из полосы движения, адаптивный круиз-контроль и контроль тяги. На эти системы могут влиять механические корректировки выравнивания. Это привело к тому, что многие производители потребовали электронных сбросов для этих систем, после того, как механическое выравнивание будет выполнено, чтобы убедиться, что вы выбрали колесо, которое позволит вам выполнить эти требования безопасности [6].

Существует множество форм ADAS; некоторые функции встроены в автомобили или доступны как

дополнительный пакет. Кроме того, существуют доступные послепродажные решения [7]. ADAS полагаются на данные из нескольких источников данных, в том числе, на автомобильную визуализацию, LiDAR, радар, обработку изображений, компьютерное зрение и автомобильную сеть [8]. Дополнительные входы возможны из других источников, отдельно от платформы основного транспортного средства, таких как другие транспортные средства, называемые системами "автомобиль с автомобилем" (V2V) или "автомобиль с инфраструктурой" (такими, как сеть мобильной телефонии или Wi-Fi).

Продвинутые системы поддержки водителя - один из самых быстрорастущих сегментов в автомобильной электронике [9] с неуклонно растущими темпами принятия отраслевых стандартов качества в системах безопасности автомобилей ISO 26262, разрабатывающих специальные технологии, такие как IEEE 2020 для Image Sensor quality [10] и протоколы связи, такие как API информации о транспортных средствах [11].

ADAS нового поколения будет все больше использовать беспроводную сетевую связь, чтобы предлагать улучшенное значение и ценность, используя данные от автомобиля к автомобилю (также известные как Vehicle to Vehicle или V2V) и данные о транспортной инфраструктуре (также называемые транспортными средствами к инфраструктуре или V2X) [12].

31 марта 2014 года Национальная администрация безопасности дорожного движения Министерства транспорта США (NHTSA) объявила, что к маю 2018 года к новым автомобилям с весом до 10 000 фунтов (4500 кг) потребуются видео камеры [13]. Это правило было принято Конгрессом в рамках Закона Камерона Гулбрансена о безопасности передвижения детей в 2007 году. Закон назван в честь двухлетнего Камерона Гулбрансена, который был убит, когда его отец не смог увидеть малыша и случайно убил его внедорожником на подъездной дорожке [14].

GM предлагает предупреждение в вибрационном сиденье в Cadillac, начиная с 2013 Cadillac ATS. Если водитель начинает выходить из дорожной полосы шоссе, сиденье вибрирует сбоку от сиденья в направлении дрейфа, предупреждая водителя об опасности. Защитное сиденье безопасности также обеспечивает вибрационный импульс с обеих сторон сиденья при обнаружении лобовой угрозы [15]. Система была впервые предложена Citroen в 2006 году в рамках системы AFIL (система предупреждения о проезде). Обнаружение сонливости водителя поставляется отдельно.

Устройства блокировки зажигания с помощью анализа спиртов не позволяют водителю запускать автомобиль, если уровень алкоголя в воздухе выше заранее определенного количества [16]. Автомобильная

коалиция по безопасности дорожного движения и Национальная администрация безопасности дорожного движения призвали к внедрению системы обнаружения алкогольных напитков для безопасности (DADSS) для установки устройств обнаружения алкоголя на всех автомобилях [17].

В сентябре 2016 года Национальная администрация безопасности дорожного движения Министерства транспорта США (NHTSA) опубликовала Федеральную политику в области автоматизированных транспортных средств [18], в которой описываются политика Министерства транспорта США в отношении высокоавтоматизированных транспортных средств (HAV), которые варьируются от автомобилей с продвинутым водителем - системы обеспечения безопасности для автономных транспортных средств.

В 2016 году объем рынка Advanced Advanced Assistant Systems (ADAS) в США оценивался в 14,15 млрд. долларов США. Ожидается, что рост спроса на эти системы на компактных автомобилях станет ключевым фактором, способствующим росту рынка. Кроме того, ожидается, что увеличение государственного регулирования для обязательной реализации ADAS на транспортных средствах увеличит спрос на эти системы в течение прогнозируемого периода [19].

Ожидается, что растущий спрос на передовые системы, такие как мониторинг сонливости, ночное видение и система распознавания дорожных знаков, повлияет на всю отрасль в течение следующих семи лет. Ожидается, что спрос на традиционные системы ADAS, такие как адаптивный круиз-контроль, автономная система экстренного торможения, будет расти в геометрической прогрессии из-за увеличения государственных правил для сокращения дорожно-транспортных происшествий и повышения безопасности дорожного движения. Например, Европейский союз принял законопроект, который предусматривает внедрение адаптивных систем круиз-контроля в тяжелых коммерческих транспортных средствах к 2020 году, что, согласно прогнозам, будет стимулировать спрос на эти системы в европейских странах.

Рынок имеет высокий потенциал роста, однако отсутствие осведомленности об этой системе среди большинства владельцев транспортных средств замедляет рост рынка. Кроме того, высокая стоимость этих систем, которая в конечном итоге увеличивает общую стоимость автомобилей, считается уменьшением

предпочтения владельцев автомобилей к принятию таких систем [19]. Рынок продаж систем ADAS в США и прогнозы его роста представлен на рисунке 17.

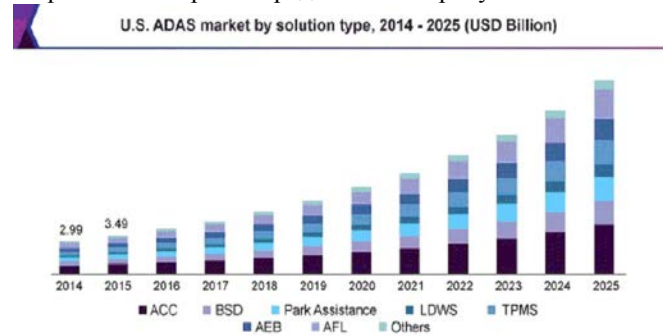


Рис. 17. Рынок продаж систем ADAS в США и прогнозы его роста [19]

### III НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ

В недавно опубликованном выпуске правительства ФРГ [20] о состоянии развития немецкой автомобильной промышленности, которая, безусловно, занимает ведущее место в этой отрасли, как в ЕС, так и в мире, много внимания уделяется CAV. Этот сухой официальный документ удачно дополняет подробное исследование PwC Германия [21], также недавно выпущенное. В этой обширной работе [21] приводятся, на наш взгляд, наиболее емкие оценки и данные, которые мы взяли за основу, дополняя их из других источников.

Сравнение глобальных персонажей потребителей и производителей автомобилей США, ЕС и Китая (рисунок 18) делается в [21] с точки зрения CAV, в части развития, как автомобилей, так и дорог. Сегодня Китай активно сотрудничает с ЕС в этой сфере, участвуя, например, во всех значимых исследованиях ЕС в этой сфере. Рисунок 18 отражает, в том числе, и разницу в походах к внедрению CAV у этих трех основных мировых игроков. CAV оказывает огромное влияние на множество секторов экономики (рисунок 18).

Автономные транспортные средства CAV - определения, маршруты и сертификация приведены на рисунке 19, и это очень важно, как мы уже говорили выше, иметь согласованные стандарты. Объявленные испытания и демонстрации показывают, что развертывание имеет решающее значение для достижения стандартов и принятия согласованных решений. Когда и какими производителями автомобилей планируется переход к разным уровням CAV, сведено на рисунке 20 и в нем есть ответы на то, когда возможны те или иные события.



	<b>EU</b>	<b>US</b>	<b>China</b>
<p><b>modern</b></p> <p>2017 33%</p> <p>2030 38%</p> <p>+5 percentage points, relative increase of +15%</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Technical innovations are part of everyday life: Use of smartphones and apps for urban transport</li> <li>Sustainable and healthy lifestyle demands pragmatic view of cars as transportation</li> <li>Increased inter-modal transport (car versus public transport)</li> <li>Car ownership less important as a status symbol</li> <li>Rural areas still use cars</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Huge interest in digital technology and innovative mobility concepts</li> <li>Young, urban users in particular choose variety of transport options that do not involve owning a car</li> <li>Rural areas are still dependent on cars due to insufficient infrastructure for long-distance travel</li> <li>Journeys in urban areas often rely on inter-modal approach (a.g. Park+Ride)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Young, urban generation experiences economic upswing</li> <li>New technologies are actively embraced</li> <li>Car-sharing and ride-sharing services very popular (e.g.: Didi Chuxing App with &gt; 400 m users)</li> <li>Need for own car limited to social status</li> <li>Long-distance journeys in rural areas continue to rely on own car</li> </ul>
<p><b>transitory</b></p> <p>2017 41%</p> <p>2030 39%</p> <p>-2 percentage points, relative decrease of -5%</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Individuality and consumption behaviour promote the formation of different mobility profiles</li> <li>Primarily young, urban users use alternatives such as car-sharing</li> <li>The still traditionally-oriented user group continues to prefer owning a car for reasons of comfort, status and flexibility</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Both traditional and modern values</li> <li>Car ownership is anchored in mobility attitude</li> <li>Public transport plays a bigger role in cities</li> <li>Basically open to new mobility alternatives</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Symbolic for the start of the economic upswing</li> <li>Shared attitude to modern mobility solutions</li> <li>Traditional prevailing use of own car in rural areas</li> <li>Widespread use of public transport</li> </ul>
<p><b>traditional</b></p> <p>2017 26%</p> <p>2030 23%</p> <p>-3 percentage points, relative decline of -12%</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mainly rural population that tends to shy away from technological innovations</li> <li>Ownership or access to own car is the norm</li> <li>In urban environments, they often turn to public transport to avoid congestion and parking problems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Predominantly older groups of society with deeply entrenched values and convictions</li> <li>Larger share of rural population in segment comparison</li> <li>Mobility is almost exclusively equated with own car</li> <li>Not interested in innovative mobility concepts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Public transport preferred, especially in cities</li> <li>Comparatively open to technological developments</li> <li>Car use for reasons of flexibility and comfort</li> <li>Car ownership to express social status</li> </ul>

Source: The 2017 Strategy& Digital Auto Report

Рис. 18. Сравнение глобальных персонажей и Китая [21] потребителей и производителей автомобилей США, ЕС

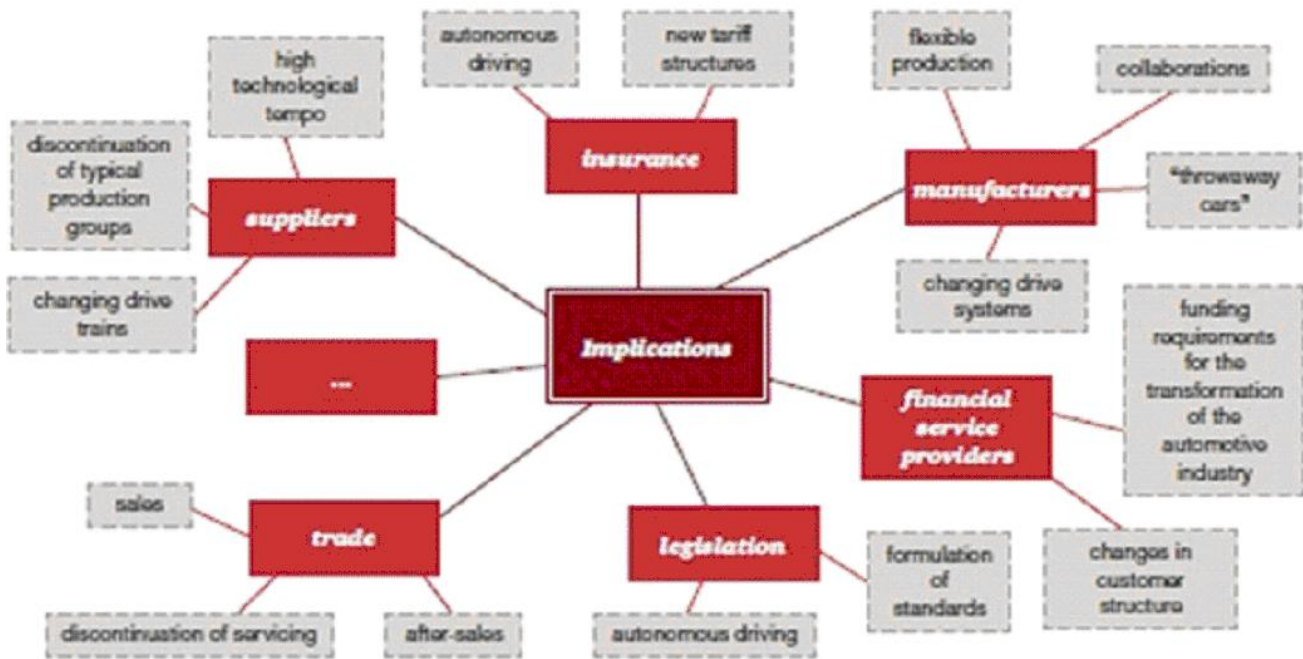


Рис. 19. Влияние развития CAV на различные отрасли экономики [21]

### Autonomous Vehicles – Definitions, Trails and certification



Rollout via initial trials in restricted environments for both people & goods -

Certification process is critical

SAE Automation Classification:

Level	Name	Definition	Steering/Speed	Monitoring	Backup	Capability
0	No Automation	Human driver in control at all times	Human	Human	Human	N/A
1	Driver Assistance	Either steering or speed control assistance	Human & System	Human	Human	Some Modes
2	Partial Automation	Steering and speed control assistance	System	Human	Human	Some Modes
3	Conditional Automation	Auto steering & speed control - human backup	System	System	Human	Some Modes
4	High Automation	Automated control - limited human intervention	System	System	System	Some Modes
5	Full Automation	Full automated driving without intervention	System	System	System	All Modes

Level 3-4 human intervention may prove non-viable

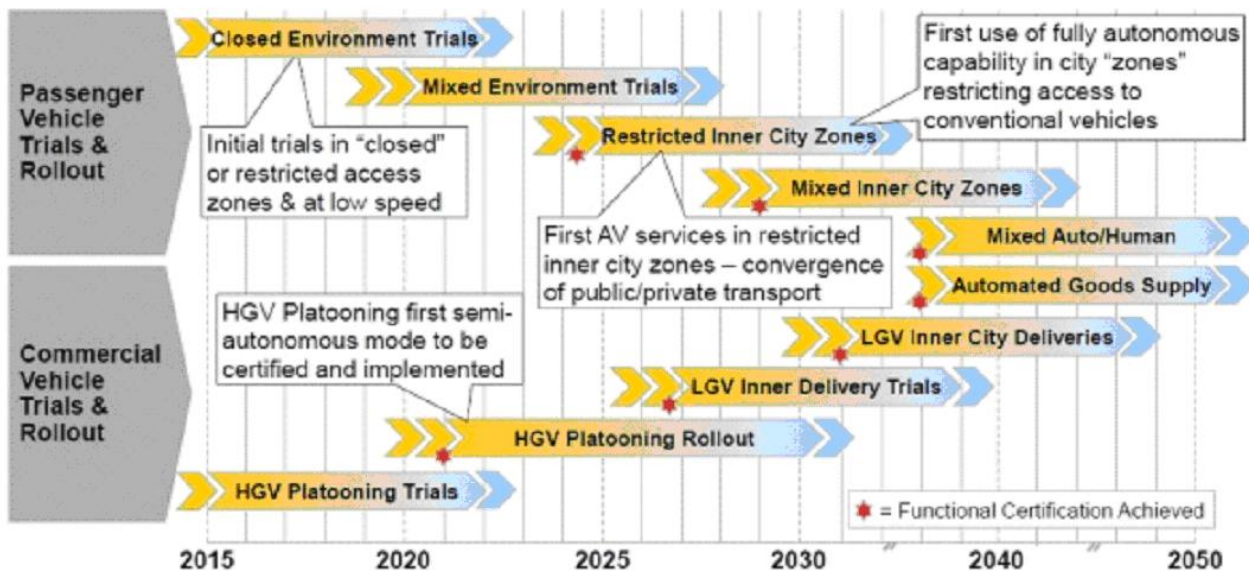


Рис. 20. Автономные транспортные средства CAV - (Ricardo Global Automotive) определения, маршруты и сертификация (источник -

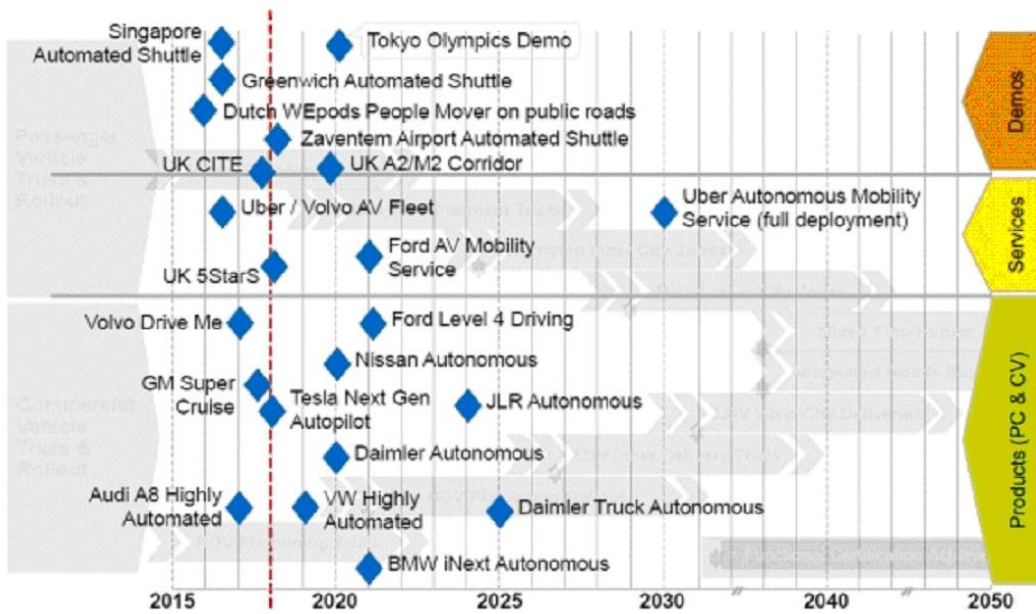


Рис. 21. Когда и какими производителями автомобилей планируется переход к разным уровням CAV (источник -Ricardo Global Automotive)

Приведенные выше сведения были почерпнуты из европейских источников, однако их удачно дополняют публикации США, из которых мы отобрали [20, 22, 23, 24, 25, 26]. Так, на рисунке 22 очень наглядно видно резкое возможное снижение расходов на автомобиль, а на рисунке 23 можно посмотреть, что будет дешевле в разных автомобильных применениях человек - водитель или CAV. Предполагается, что автономные транспортные средства (CAV) обойдутся дешевле, чем человеческие такси и услуги по транспортировке, но больше, чем персональные транспортные средства, управляемые людьми (HV) и услуги общественного транспорта. Рисунки 24 и 25 показывают дорожные карты (США) по двум связанным темам CAV и электромобили.

На наш взгляд очень интересен прогноз по режимам грузоперевозок [22]:

- Подключенный автомобиль, дальние рейсы (CAV-грузовик) расширяет свои возможности через обычные прицепы, которые имеют бортовые технологии связи для поддержки V2V, V2I и V2X. Ключевой функцией V2V является взвод грузовиков (platooning). Это позволяет грузовикам путешествовать в тесно расположенных группах, чтобы сэкономить топливо.

- Автономное транспортное средство, дальнего следования (CAV-грузовик). Они будут включать высокую и полную автоматизацию. Их использование, скорее всего, будет ограничено поездками на дальние расстояния.

- Автономное транспортное средство, городская доставка (CAV-городской грузовик). Он включает грузовые автомобили и связанные с ними транспортные средства, которые полностью автономны. Они могут использоваться для многих целей, включая доставку посылок дома и предприятиям, оптовую доставку предприятиям и функции погрузки и обслуживания мусора.

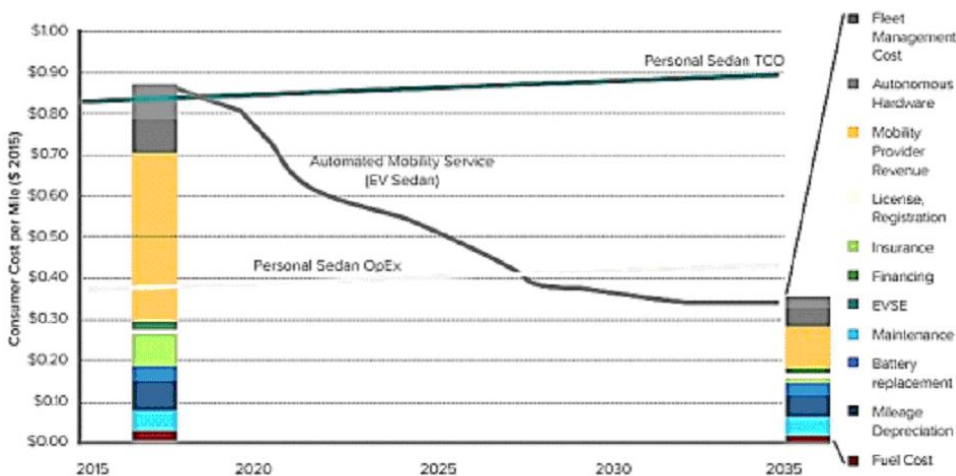


Рис. 22. Автоматические версии автомобилей (CAV) и расходы на автомобиль [27]

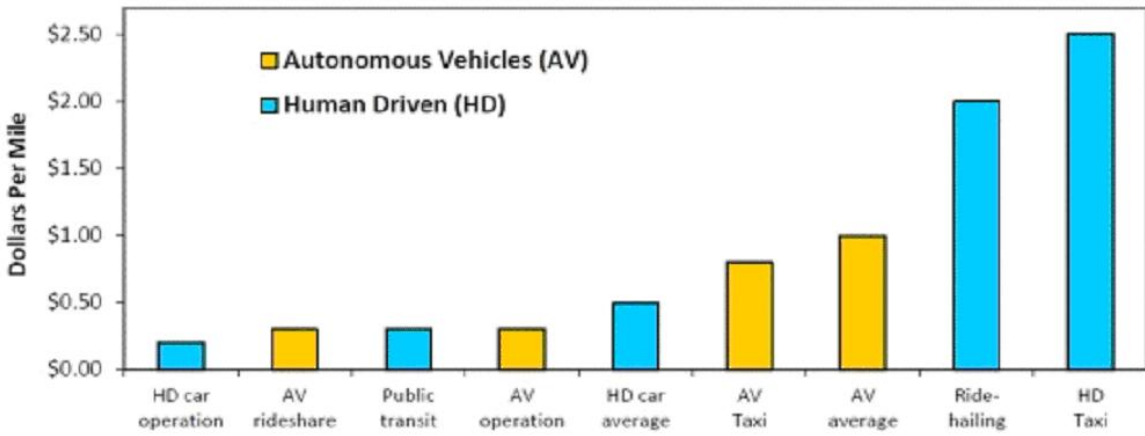
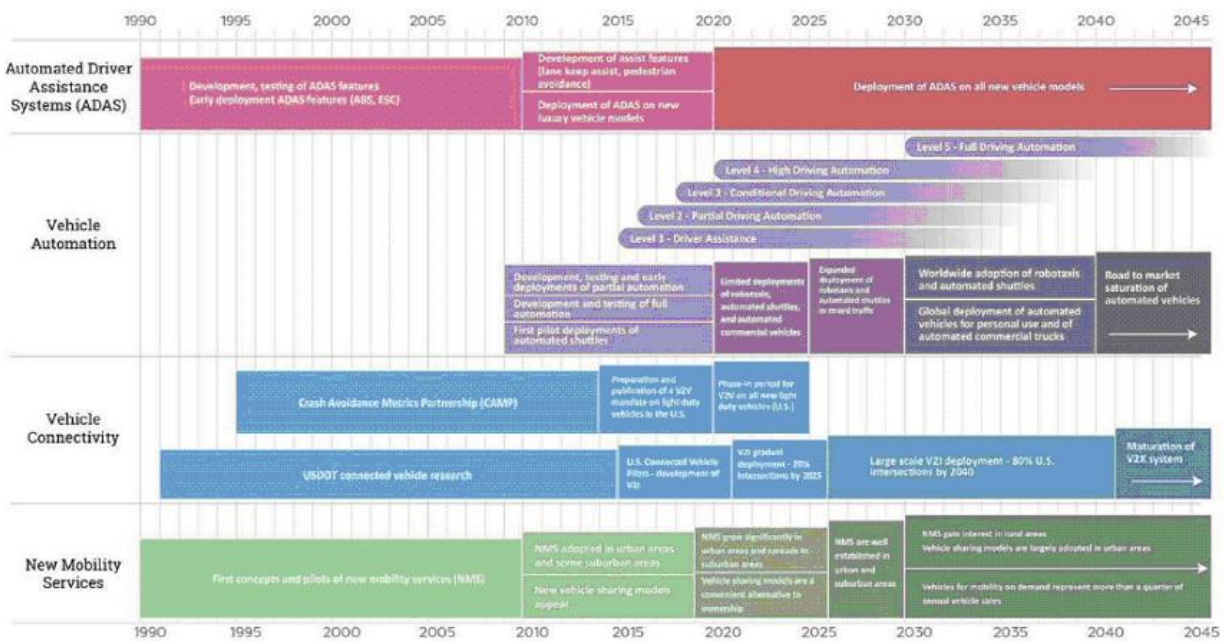
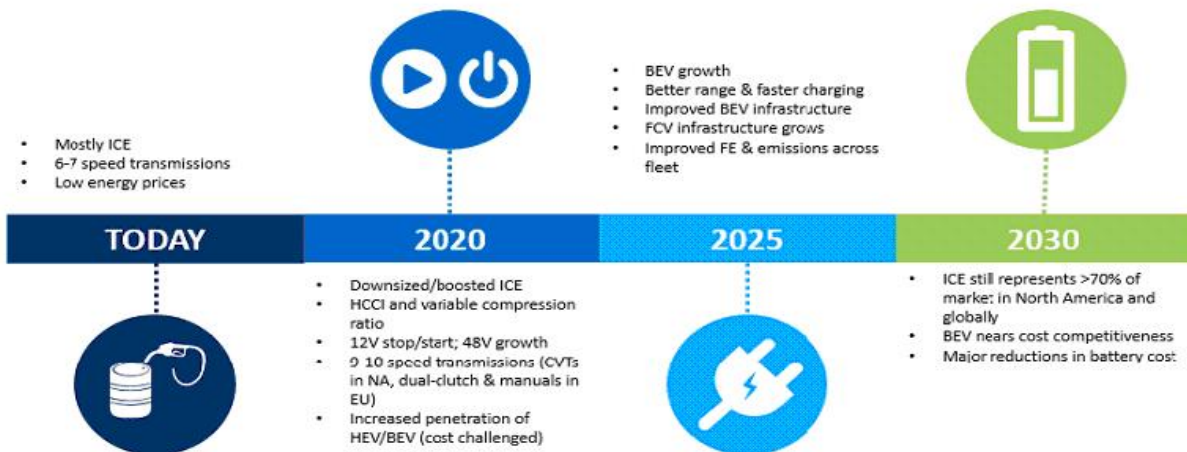


Рис. 23. Что будет дешевле в разных автомобильных применениях человек- водитель или САУ [27]



Source: Center for Automotive Research

Рис. 24. Дорожная карта для развертывания САУ-сервисов [24]



Source: CAR Research

Рис. 25. Дорожная карта развития электромобилей в США [25]

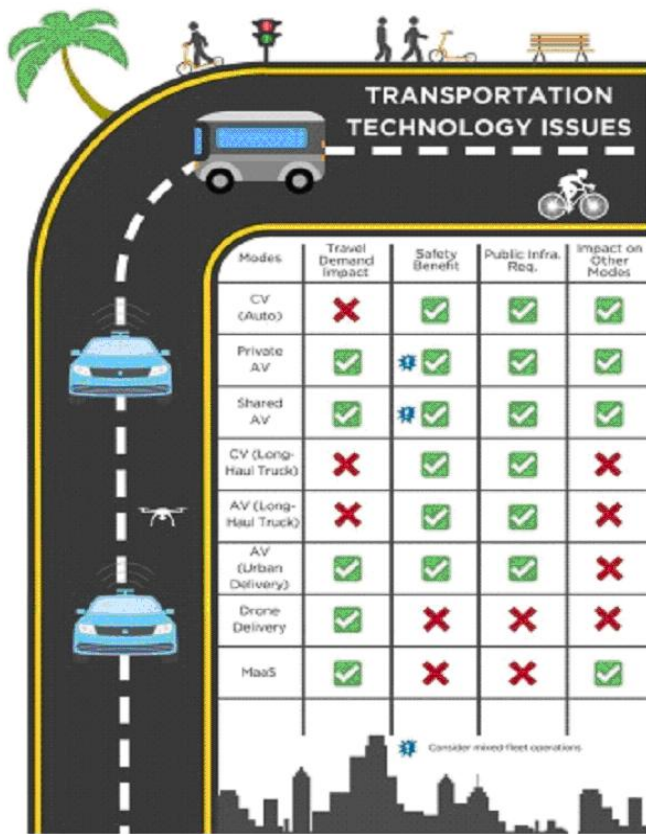


Рис. 26. Соотношения технологических вопросов транспортных технологий при переходе на CAV [22]

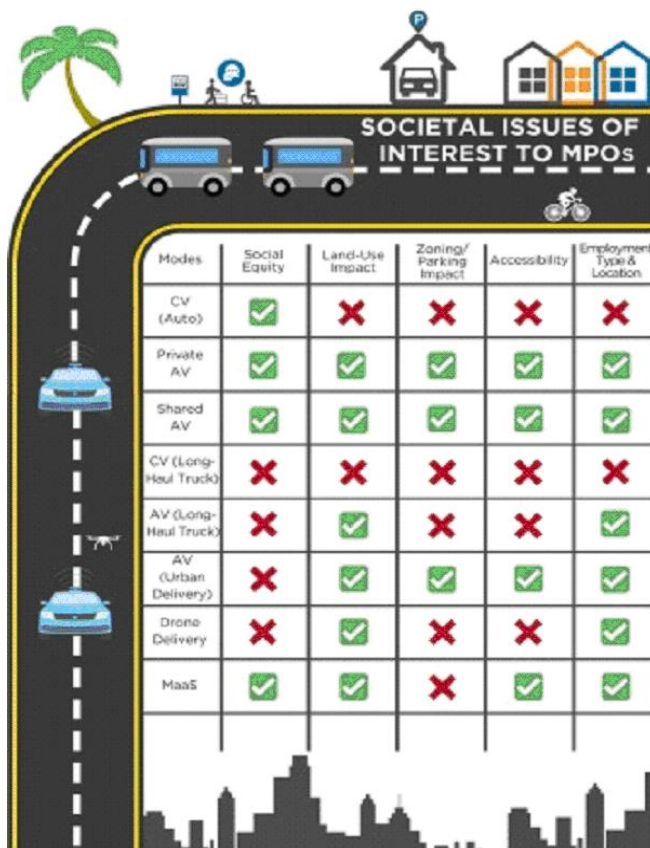


Рис. 27. Соотношения социальных вопросов транспортных технологий при переходе на CAV [22]

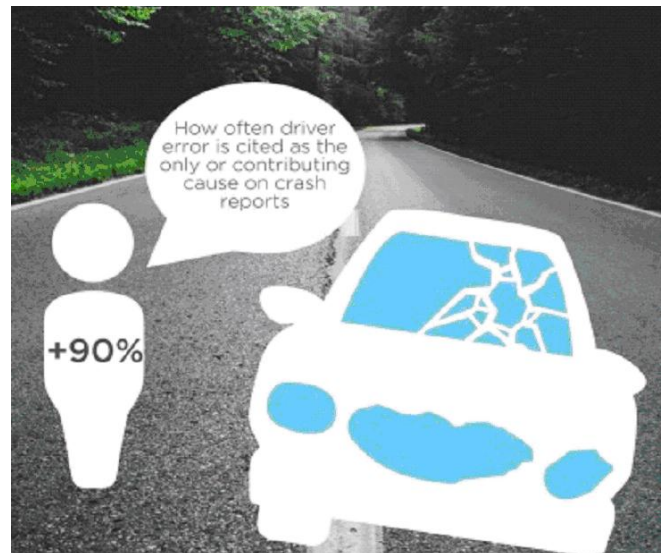


Рис. 28. Статистика аварий автомобилей в США и процент ошибок в них водителя - человека [22].

Чтобы обобщить эту статью, можно сказать, что практические большие проблемы с транспортной промышленностью - это понимание застоя в развитии эффективности и безопасности, ограниченного человеческими факторами, поскольку рабочие временные рамки определяются общим уровнем усталости водителей, в то время как несчастные случаи происходят в основном из-за ошибок водителей (рисунок 28). Чтобы решить эту проблему, отрасль должна придумать способ улучшить качество водителей или заменить водителей другими более надежными элементами. Первое вряд ли произойдет, поскольку у людей ограниченные возможности, и они уже подталкиваются к своим пределам, потому что людям требуется определенное количество часов отдыха каждый день, а усталость и фатальность во многом неизбежны. Так что движение в сторону CAV, которому уже более десяти лет будет только ускоряться и возможно изменит многие прогнозы, которые мы сделали. На рисунках 26 и 27, например, показаны уже анализирующиеся в исследованиях соотношения технологических, социальных вопросов и транспортных технологий при переходе на CAV.

#### БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Johan Tobias Paulsen Physical Infrastructure Needs for Autonomous & Connected Trucks An Exploratory Study, Norwegian University of Science and Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, Submission date: June 2018
- [2] ACAE roadmap truck platooning <http://www.acea.be/publications/article/infographic-eu-roadmap-fortruck-platooning> Retrieved: Oct, 2018
- [3] Epstein, Zach (2016-07-21). "Tesla Autopilot Crash Avoidance Model S Autopilot saves man's life". BGR. Retrieved Oct, 2018.
- [4] Platooning saves fuel <https://www.scania.com/group/en/platooning-saves-up-to-12-percentfuel/> Retrieved Oct, 2018.
- [5] Umar Zakir Abdul, Hamid; et al. (2017). "Autonomous Emergency Braking System with Potential Field Risk Assessment for Frontal Collision Mitigation". 2017 IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC).
- [6] "Things to consider when choosing an aligner | Pro-Align". Pro-Align. Retrieved Oct, 2018.

- [7] "US: Mobileye intros smartphone connected driver-assistance technology". Telematics News. 2012-01-12. Retrieved Oct, 2018.
- [8] "UK: AutoSens 2016 conference bring together ADAS specialists". Sense Media Group. 2016-03-01. Retrieved Oct, 2018.
- [9] Ian Riches (2014-10-24). "Strategy Analytics: Automotive Ethernet: Market Growth Outlook | Keynote Speech 2014 IEEE SA: Ethernet & IP @ Automotive Technology Day" (PDF). IEEE.
- [10] "UK: IEEE 2020 - Automotive System Image Quality Working Group". Sense Media Group. 2016-06-08. Retrieved Oct, 2018
- [11] "UK: Vehicle Information Access API". W3C. 2016-06-08. Retrieved Oct, 2018.
- [12] "ADAS Definition". Autoconnectedcar.com. Archived from the original on 2012-06-10. Retrieved Oct, 2018.
- [13] "NHTSA Announces Final Rule Requiring Rear Visibility Technology | National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)". Nhtsa.gov. 2014-03-31. Retrieved Oct, 2018.
- [14] "U.S. DOT Proposes Rear View Visibility Rule to Protect Kids and the Elderly | National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)". Nhtsa.gov. 2010-12-03. Archived from the original on 2014-07-14. Retrieved Oct, 2018.
- [15] "Cadillac XTS Safety Seat Alerts Drivers to Dangers". Media.gm.com. 2012-03-27. Retrieved Oct, 2018.
- [16] Lynn Walford @MobiWriter (2014-06-11). "How ignition interlock devices can stop drunk drivers in their tracks". TechHive. Retrieved Oct, 2018.
- [17] "Why are we here? | Alcohol Detection". Dadss.org. Archived from the original on 2014-07-14. Retrieved Oct, 2018.
- [18] "Federal Automated Vehicles Policy", Nhtsa.gov, 2016-09-01. Retrieved Oct, 2018.
- [19] Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Market Size, Share & Trend Report Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Market Size, Share & Trend Analysis Report By Solution (Adaptive Cruise Control, Blind Spot Detection), By Component, By Vehicle, And Segment Forecasts, 2018 - 2025 <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/advanced-driver-assistance-systems-adass-market> Retrieved Oct, 2018.
- [20] INDUSTRY OVERVIEW The Automotive Industry in Germany ISSUE 2018/2019 Publisher Germany Trade and Invest Gesellschaft für Außenwirtschaft und Standortmarketing mbH Friedrichstraße 60 10117 Berlin Germany
- [21] Five trends transforming the Automotive Industry Published by PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft 2017-2018 PwC.
- [22] FUTURE MOBILITY RESEARCH SYNTHESIS, FLORIDA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, July 18, 2018
- [23] System Initiative on Shaping the Future of Mobility .Reshaping Urban Mobility with Autonomous Vehicles Lessons from the City of Boston, June 2018 WEF In collaboration with The Boston Consulting Group
- [24] The Great Divide: What Consumers Are Buying vs. The Investments Automakers & Suppliers Are Making in Future Technologies, Products & Business Models, Centre for automotive research USA 2018
- [25] Impact of Automated, Connected, Electric, and Shared (ACES) Vehicles on Design, Materials, Manufacturing, and Business Models Centre for automotive research USA 2018
- [26] Peter Slowik and Ben Sharpe, Automation in the long haul: Challenges and opportunities of autonomous heavyduty trucking in the United States INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION, 2018 [www.theicct.org](http://www.theicct.org) Date: March 26, 2018
- [27] Todd Litman, Autonomous Vehicle Implementation Predictions .Implications for Transport Planning,Victoria Transport Policy Institute. 24 July 2018.

# On economic effects of autonomous (driverless) cars

Varvara Lazutkina, Oleg Pokusaev, Vasily Kupriyanovsky, Sergey Sinyagov

**Abstract**— The article discusses the economic effects of the introduction of autonomous (unmanned) cars. Firstly, the work deals with the organization of the movement of unmanned vehicles in columns automatically formed on the road (the English term is platooning). Such a traffic pattern reduces the distance between cars or trucks using electronic and, possibly, mechanical communication. This feature allows cars or trucks to accelerate or brake at the same time. This system also provides a smaller distance between vehicles by eliminating the reactive distance required for a person's response. Such a traffic pattern allows, for example, to significantly save a fuel and, consequently, reduce the impact on the environment. The following discussion deals with advanced driver assistance systems or ADAS - systems that assist the driver in the process of driving. They should improve vehicle safety and, in general, road safety. To date, they are practically used by all car manufacturers. Most traffic accidents occur due to human error. Enhanced driver support systems are systems designed to automate, adapt, and improve vehicle systems to provide safety and improved driving. It has been proven that the automated system provided by ADAS to the car reduces the number of traffic accidents, minimizing human error. The final section deals with the use of autonomous (unmanned) vehicles in different countries. At the same time, freight transportation is primarily considered.

**Keywords**— autonomous cars; movement organization; economy.

## REFERENCES

- [1] Johan Tobias Paulsen Physical Infrastructure Needs for Autonomous & Connected Trucks An Exploratory Study, Norwegian University of Science and Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, Submission date: June 2018
- [2] ACAE roadmap truck platooning <http://www.acea.be/publications/article/infographic-eu-roadmap-fortruck-platooning> Retrieved: Oct, 2018
- [3] Epstein, Zach (2016-07-21). "Tesla Autopilot Crash Avoidance Model S Autopilot saves man's life". BGR. Retrieved Oct, 2018.
- [4] Platooning saves fuel <https://www.scania.com/group/en/platooning-saves-up-to-12-percentfuel/> Retrieved Oct, 2018.
- [5] Umar Zakir Abdul, Hamid; et al. (2017). "Autonomous Emergency Braking System with Potential Field Risk Assessment for Frontal Collision Mitigation". 2017 IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC).
- [6] "Things to consider when choosing an aligner | Pro-Align". Pro-Align. Retrieved Oct, 2018.
- [7] "US: Mobileye intros smartphone connected driver-assistance technology". Telematics News. 2012-01-12. Retrieved Oct, 2018.
- [8] "UK: AutoSens 2016 conference bring together ADAS specialists". Sense Media Group. 2016-03-01. Retrieved Oct, 2018.
- [9] Ian Riches (2014-10-24). "Strategy Analytics: Automotive Ethernet: Market Growth Outlook | Keynote Speech 2014 IEEE SA: Ethernet & IP @ Automotive Technology Day" (PDF). IEEE.
- [10] "UK: IEEE 2020 - Automotive System Image Quality Working Group". Sense Media Group. 2016-06-08. Retrieved Oct, 2018
- [11] "UK: Vehicle Information Access API". W3C. 2016-06-08. Retrieved Oct, 2018.
- [12] "ADAS Definition". Autoconnectedcar.com. Archived from the original on 2012-06-10. Retrieved Oct, 2018.
- [13] "NHTSA Announces Final Rule Requiring Rear Visibility Technology | National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)". Nhtsa.gov. 2014-03-31. Retrieved Oct, 2018.
- [14] "U.S. DOT Proposes Rear View Visibility Rule to Protect Kids and the Elderly | National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)". Nhtsa.gov. 2010-12-03. Archived from the original on 2014-07-14. Retrieved Oct, 2018.
- [15] "Cadillac XTS Safety Seat Alerts Drivers to Dangers". Media.gm.com. 2012-03-27. Retrieved Oct, 2018.
- [16] Lynn Walford @MobiWriter (2014-06-11). "How ignition interlock devices can stop drunk drivers in their tracks". TechHive. Retrieved Oct, 2018.
- [17] "Why are we here? | Alcohol Detection". Dadss.org. Archived from the original on 2014-07-14. Retrieved Oct, 2018.
- [18] "Federal Automated Vehicles Policy", Nhtsa.gov, 2016-09-01. Retrieved Oct, 2018.
- [19] Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Market Size, Share & Trend Report Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Market Size, Share & Trend Analysis Report By Solution (Adaptive Cruise Control, Blind Spot Detection), By Component, By Vehicle, And Segment Forecasts, 2018 - 2025 <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/advanced-driver-assistance-systems-ad-as-market> Retrieved Oct, 2018.
- [20] INDUSTRY OVERVIEW The Automotive Industry in Germany ISSUE 2018/2019 Publisher Germany Trade and Invest Gesellschaft für Außenwirtschaft und Standortmarketing mbH Friedrichstraße 60 10117 Berlin Germany
- [21] Five trends transforming the Automotive Industry Published by PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft 2017-2018 PwC.
- [22] FUTURE MOBILITY RESEARCH SYNTHESIS, FLORIDA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, July 18, 2018
- [23] System Initiative on Shaping the Future of Mobility .Reshaping Urban Mobility with Autonomous Vehicles Lessons from the City of Boston. June 2018 WEF In collaboration with The Boston Consulting Group
- [24] The Great Divide: What Consumers Are Buying vs. The Investments Automakers & Suppliers Are Making in Future Technologies, Products & Business Models, Centre for automotive research USA 2018
- [25] Impact of Automated, Connected, Electric, and Shared (ACES) Vehicles on Design, Materials, Manufacturing, and Business Models Centre for automotive research USA 2018
- [26] Peter Slowik and Ben Sharpe, Automation in the long haul: Challenges and opportunities of autonomous heavyduty trucking in the United States INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION, 2018 [www.theicct.org](http://www.theicct.org) Date: March 26, 2018
- [27] Todd Litman, Autonomous Vehicle Implementation Predictions .Implications for Transport Planning,Victoria Transport Policy Institute. 24 July 2018