

**СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.
ЧАСТЬ 1: ТРАДИЦИОННЫЙ ПРИВОД**Кандидат техн. наук **Грушников В.А.**

(Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук. ВИНТИ РАН)

**MODERN ASPECTS OF IMPROVEMENT OF MOTOR VEHICLES.
PART 1: TRADITIONAL DRIVE****V.A. Grushnikov, Ph.D. (Tech.)**

(All-Russian Institute of Scientific and Technical Information. VINITI of RAS)

Аннотация. Современные вызовы в виде угрожающего всему человечеству глобального потепления и техногенных катастроф предъявляют все более ужесточающиеся требования к подвижному составу автомобильного транспорта, традиционные силовые агрегаты которых в виде двигателей внутреннего сгорания, работающие на жидком и газообразном углеводородном топливе, являются источниками выбросов токсичных и парниковых газов. На примере анализа нынешнего состояния, потенциала и перспектив реализации наиболее интересных и значимых зарубежных инновационных разработок рассмотрены возможности экономического и экологического совершенствования агрегатов и систем традиционного автомобильного привода.

Abstract. Modern challenges in the form of global warming and man-made disasters that threaten the whole of humanity impose increasingly stringent requirements on the rolling stock of road transport, the traditional power units of which in the form of internal combustion engines running on liquid and gaseous hydrocarbon fuels are sources of toxic and greenhouse gas emissions. Using the example of the analysis of the current state, potential and prospects for the implementation of the most interesting and significant foreign innovative developments, we will consider the possibilities of economic and environmental improvement of units and systems of a traditional automobile drive.

Ключевые слова: Автомобили, подвижной состав автомобильного транспорта, двигатели внутреннего сгорания, выбросы вредных веществ, экологическая безопасность

Keywords: cars, rolling stock of road transport, internal combustion engines, emissions of harmful substances, environmental safety

Введение

Безусловно, экологическая ситуация на планете Земля продолжает оставаться, наряду с политической напряженностью, одной из самых острых тем, требующих незамедлительного эффективного решения всего мирового сообщества, что наглядно демонстрируется всемерной озабоченностью, зафиксированной в Парижском Соглашении по климату, в которое после некоторого перерыва вернулись, даже игнорирующие любое чужое, не совпадающее с их мнением, США. И это понятно, поскольку угроза глобального потепления всему человечеству настолько велика, что ставит под вопрос само существование всего живого на нашей планете в не такой уж долгосрочной перспективе, а в краткосрочной - грозит затоплением суши водами мирового океана в результате таяния вековых льдов и экранированием из-за выбросов с отработавшими газами (ОГ) систем выпуска двигателей внутреннего сгорания (ДВС) парниковых газов вследствие таяния вечной мерзлоты.

Эти угрозы более чем реальны и опасны, но ситуация в мировой экономике и коммунальном хозяйстве динамически изменяется по объективным и субъективным причинам. Непредсказуемость природных условий: малое количество солнечных дней и относительное безветрие в прохладных весной, летом и осенью периодах, и холодном зимой 2021 г. в Европе, напри-

мер, привело к недостаточности вклада фотовольтных и ветрогенераторных установок на возобновляемых источниках энергии в энергетический баланс, недостаточный для эффективности «зеленой» энергетики. К этому добавились волонтаристские и просто непродуманные действия многих государственных руководителей, приведшие к необходимости массового возврата в энергообеспечении даже к экологически «грязному» угольному топливу, вопреки всем потугам и достижениям приверженцев экологически чистой «зеленой» энергетики.

Ситуация настолько серьезна, что, до эффективного практического решения энергетической проблемы, отодвигает на второй план тему чистой экологии. Но это не только не означает полное забвение экологической безопасности технологических процессов, реализуемых в промышленности, коммунальном хозяйстве, торговле и на транспорте, но, даже, замедление продвижения в этом направлении. Тем более, что на долю подвижного состава автомобильного транспорта с автотранспортными средствами всевозможных типоразмеров, в дальнейшем определяемыми как автомобильные колесные транспортные средства (АКТС) по разным данным приходится от 30 до 80% выбросов с отработавшими газами (ОГ) силовых агрегатов в виде ДВС токсичных вредных отравляющих веществ и парниковых газов, в особенности в крупных городских агломерациях.

Состояние проблемы и концепции ее решения

Поэтому самое серьезное внимание уделяется совершенствованию в плане экологической безопасности широко используемых в приводах АКТС бензиновых и дизельных ДВС. И от них автопроизводители, эксплуатирующие АКТС организации и частные предприниматели, как и частные автовладельцы отказываться, пока во всяком случае, не собираются. Это показывают данные динамики продаж на глобальном и региональных уровнях во всем мире и даже, может быть и временная, но явно просматривающаяся и отслеживаемая в данном временном отрезке, тенденция смены энергетической парадигмы автомобильного подвижного состава.

Китайский рынок считается во всем мире законодателем мод в области электромобильности, в частности, не только по причине преобладающего масштаба выпуска литий-ионных аккумуляторных батарей и электронных компонентов систем управления, активной и пассивной безопасности, но и массовости серийного производства АКТС самого разного назначения и типа-размера. Однако наметились четкие ориентиры и проявления тенденций смены будущей китайской политической, технической и фирменной парадигмы выбора автомобильного привода, все больше полагающейся на другие концепции энергетических агрегатов [1]. В ней ДВС снова оказываются в лидерах. Во многом такая трансформация объясняется большей доступностью по сниженной цене нефтяного топлива и масел, выходом США из буксующего и затратного в реализации обязательного к исполнению Парижского Соглашения по климату и явными успехами в области электрификации автомобилестроения в Германии, с которым трудно конкурировать китайским производителям автомобилей, а также дороговизной крайне необходимых для изготовления компонентов электрических приводов редкоземельных металлов.

Более жесткие нормы выбросов вредных веществ с ОГ и растущие конкурентные требования клиентов-потребителей продукции автомобилестроения требуют все больше и больше усилий в процессе разработки и экологически безопасной эксплуатации АКТС. Одним из способов повышения энергоэффективности, экономичности и уровня защиты окружающей среды является совместное применение различных функций реализации этих целевых конструктивно-технологических мероприятий, достигаемых контролем и регистрацией в режиме реального времени параметров выбросов вредных веществ и виброшумовых характеристик аппаратными измерительно-записывающими возможностями системы бортовой диагностики - OBD в аббревиатуре международной автомобильной классификации (рис. 1).

По результатам серии испытаний исследовательско-консалтинговая компания Testos (Австрия) проанализировала, насколько интерфейс OBD вместе с устройствами портативной инновационной системы измерения выбросов вредных веществ с ОГ также подходит для этих прикладных задач в дополнение к стандартной процедуре сертификации [2]. На конкретных примерах дифференциальных и интегральных замеров эмиссии двуокиси, окиси углерода, оксида и диоксида азота продемонстрирована продуктивность и эффективность этой системы на непрерывном протяжении от 770 до 894 с с объемом удельных выбросов токсичных газов до 42,5 кг/ч с точностью и достоверностью, превы-

шающими самые лучшие результаты онлайн-измерений в самой продвинутой в настоящее время Всемирной гармонизированной процедуре имитации ездового цикла WLTP.



Рис. 1. Система автомобильной бортовой диагностики

В современном, быстро меняющемся мире, важнейшее значение приобретает оперативность и точность онлайн-оценки реальных выбросов вредных веществ с ОГ на ранней стадии реализации той или иной концепции привода АКТС. А реальная опасность глобального потепления и учащающиеся техногенные катастрофы являются настоятельными сигналами к решению главной проблемы выживания человечества, связанной со значительным снижением выбросов парниковых газов, вообще, и углекислого газа, в частности, образующихся при сгорании, в том числе в цилиндрах автомобильных ДВС, углеводородных топливовоздушных смесей. Принимая во внимание текущую структуру спроса на первичную энергию, все в большем, хотя еще пока и явно недостаточном объеме, вырабатываемую из возобновляемых источников, можно предположить долгосрочный переход к дефоссилизированному обществу, не использующему технологии трансформации массы живых организмов в энергию ископаемого топлива в процессе разложения ископаемых остатков растений и животных, которое на переходном этапе необходимо максимально эффективно использовать.

В рамках этой жизненно необходимой эволюции, по мнению разработчиков инновационного подхода к объективной оценке реальных выбросов вредных веществ на ранней стадии реализации перспективной концепции из Научно-исследовательского института автомобилей и двигателей и Университета Штутгарта (Германия), весьма важный прикладной интерес представляют собой модификации термодинамического процесса Отто сгорания гомогенной обедненной топливовоздушной смеси в цилиндрах бензинового ДВС, предъявляющие более высокие по сравнению с циклом Дизеля требования к системе формирования этой смеси, оптимизации температурного менеджмента и доочистки ОГ, но в то же самое время обладающие двумя несомненными преимуществами [3].

Первое из рассматриваемых преимуществ состоит в большей простоте и технологичности снижения без дополнительных устройств селективной каталитиче-

ской нейтрализации уровня содержания в ОГ высокотоксичных оксидов азота. Второе - в большей гомогенности топливовоздушной смеси и лучшей контролируемости содержания продуктов ее сгорания.

Продуктивность оптимизации содержания ОГ при использовании обедненных бензиновых топливовоздушных смесей продемонстрирована результатами реализации концепции оценки реальных выбросов вредных веществ с использованием инновационного контрольно-исследовательского инструмента RapidCylinder альянса упомянутого Института и автокомпонентного подразделения концерна Bosch (Германия), которым оснащен экспериментальный контрольно-диагностический стенд, позволяющий отслеживать и регистрировать динамику изменения содержания вредных веществ в ОГ при проведении модернизаций с целью улучшения экологических показателей бензиновых и дизельных ДВС, в том числе в сочетании с электрическими агрегатами автомобильного привода, при перепаде эксплуатационных температур в диапазоне 14 К. Использование на этом усовершенствованном стенде возможностей искусственного интеллекта по машинному самообучению и гибкой настройке чувствительности позволяют реализовывать до 50 тыс. вариантов испытательных режимов.

Не является уже новостью, что разработка автомобильной платформы, которая служит легко трансформируемым конструктором для реализации будущих концепций АКТС самых разных типоразмеров и назначений, за счет своей универсальности позволяет решать множество проблем. Результаты успешного партнерского сотрудничества компаний Hanseatische Fahrzeug Manufaktur и IAMT Engineering (обе – Германия) продемонстрированы на примере реализации такой платформы Motionboard, помимо электропроводной системы, включающей в себя шасси с пневматической подвеской, очень плоское и адаптированное к потребностям ступичных колесных электродвигателей [4].

Как показывает этот продуктивный опыт, благодаря модульным конфигурируемым структурам можно решать разнообразные задачи в области комфорта водителя и пассажиров в легковых версиях автомобилей, и оптимальной реализации полезной нагрузки - в грузопассажирских и в развозных фургонах. Эта инновационная разработка несомненно найдет свое применение в гибридных и чисто электрических автомобильных колесных транспортных средствах с пространственной структурной архитектурой шасси, как по выбору профилей, так и размещению навесных агрегатов и кузова, оптимизируемой методом конечных элементов.

Продуктивность такого подхода к разработке и реализации концепции привода АКТС с ДВС, в первую очередь, наглядно просматривается на примере появления высокоэффективного полного привода завтрашнего дня.

По сравнению с передне- или заднеприводными, полноприводные автомобили обеспечивают лучшее тяговое усилие и большую безопасность вождения за счет активного сцепления шин ведущих колес с дорожным покрытием разной шероховатости. Это, в частности, определяет большой спрос на автомобили с технологией полного привода, которая ранее использовалась только для моделей премиум-класса, а теперь все чаще применяется в трансмиссиях более дешевых автомобилей. Международным производителем автомобильных

компонентов, специализирующийся на технологиях трансмиссии со штатом сотрудников около 22000 чел. в 56 офисах в 22 странах мира и штаб-квартирой в Ломаре (Германия) GKN Driveline International совместно с Техническим университетом Аахена (Северный Рейн-Вестфалия, Германия) разработана и реализована в реальном прототипе инновационная концепция полного привода со значительно сниженными выбросами углекислого газа с ОГ и гибридный силовой модуль напряжением бортовой сети 48 В на его основе [5].

Инструментальные решения проблемы

Обычный дополнительный расход топлива системы полного привода сокращается на треть за счет высокоэффективных компонентов, в первую очередь - облегченных на 4,3 кг каждый осевых дифференциалов и компактных фрикционных муфт сцепления, требующих для эффективного привода на 68% меньшей мощности, допускающих на 54% сниженную ее потерю и суммарный момент буксования меньший 1,5 Нм в трансмиссии и на 70% - на ведущих колесах и управляемых усовершенствованным электронным контроллером бортового процессора с инновационным программным обеспечением.

В результате реализации этих энергоэффективных инноваций во Всемирной гармонизированной процедуре виртуальных испытаний WLTP даже по сравнению с переднеприводным автомобилем установлено снижение на 5,1 г/км удельных выбросов углекислого газа рассматриваемой базовой концепции полного привода, а при ее оптимизации по стратегии управления - еще 1,7 г/км CO₂.

Результативность оценки топливной экономичности и экологической безопасности АКТС с ДВС в качестве силового агрегата привода обеспечивается использованием методов и средств точных, надежных и достоверных измерений отслеживаемых датчиками контрольных приборов и систем критических параметров термодинамических процессов сгорания топливовоздушной смеси с преобразованием тепловой энергии в механическую. В их числе - и динамическое давление сжатия этой смеси и противодействие выпуску ОГ для оптимизации работы современных ДВС.

Помимо быстрых переходных процессов давления, в этих приложениях датчики динамического давления подвергаются воздействию повышенных температур. Обе эти величины влияют на чувствительность преобразователей. Следовательно, датчики следует калибровать в условиях, соответствующих рабочей среде. Для удовлетворения этих потребностей в Национальном метрологическом институте VTT MIKES Финляндии дополнительно разработан стандарт динамического давления падающего груза [6]. Разработки сосредоточились на уточненном описании методов и средств контроля и измерения падающей массы, расширении диапазона давления до давления двигателя внутреннего сгорания в 3 МПа и возможности нагрева для калиброванных датчиков динамического давления.

Эти достижения обеспечивают прослеживаемую калибровку датчиков давления в цилиндрах в условиях, соответствующих применению ДВС. Общая неопределенность ($k=2$) калибровки таким образом достигается на уровне около 1,7%. Рабочие характеристики были продемонстрированы путем калибровки пьезоэлектрического преобразователя давления в диапазоне давле-

ния и температуры от 7 МПа до 30 МПа при температурах 20° С, 120° С и 180° С соответственно. В результате прослеживаемая калибровка датчиков динамического давления может выполняться в условиях, важных для применения в ДВС, что позволяет повысить надежность и точность измерений давления в цилиндрах.

В связи с ужесточением законодательных требований по предельным значениям выбросов вредных загрязняющих веществ все более востребованными оказываются конструктивно-технологические оптимизационные мероприятия, позволяющие решать эту сложную экологическую проблему. Среди них эффективным оказался дополнительный электрический обогреватель ОГ, обеспечивающий более быстрое достижение температуры для оптимального функционирования системы каталитической нейтрализации ОГ предотвращающей охлаждение катализатора при остановленном ДВС или во время движения на чистой электротяге в случае гибридного привода [7].

Доступны различные решения, с помощью которых можно реализовать дополнительный электрический обогреватель. Проведенное исследовательской консалтинговой компанией Benteler вместе с проектной фирмой Silver Atena (обе - Германия) концептуальное исследование на основе полного учета всех общих технических требований, стоимости компонентов и критериев оптимизации позволило достичь заметных реальных эффективных результатов на двухлитровых бензиновых ДВС гибридного автомобильного привода, позволяющих выйти на выполнение экологической нормы выбросов вредных веществ Евро-7. Экспериментальный электрический агрегат достижения этой цели даже вне или без потока ОГ обеспечивает прогрев воздуха или технологического газа до 400° С менее чем за 10 с, теплопередачу с разностью в более 200 К в потоке интенсивностью 60 кг/ч всего при 4 кВт мощности, при ее максимальной пиковой величине в 7 кВт от источника электротока напряжением 48 В (от 0 до 54 В) и максимальной силой тока 130 А при потере давления потока ОГ интенсивностью 600 кг/ч в 2 кПа.

Но проблема токсичности ОГ современных ДВС разнотипных АКТС, несмотря на все усилия специалистов по их совершенствованию, продолжает оставаться недостаточно полно решенной. Например, для энергетически эффективного флагманского шестицилиндрового рядного дизеля Mercedes-Benz рабочим объемом 2,9 л, номинальной мощностью 243 кВт и максимальным крутящим моментом 700 Нм достижение экологической нормы EURO 6d остается пределом мечтаний, даже при оснащении его окислительным селективным каталитическим катализатором (рис. 2), основным с фильтром твердых частиц сажи и дополнительным селективным каталитическим катализатором. Он технологично реализуется способом впрыска раствора мочевины и представляет собой сложную мини-фабрику по химической трансформации ОГ под днищем кузова автомобиля.

Поэтому центр внимания был переключен на восьмицилиндровый бензиновый ДВС M-176 V в качестве перспективного силового агрегата разной степени возможностей гибридизации, в том числе с системой старт-стоп и новым стартер-генератором, впервые расположенным на противоположном конце коленчатого вала - со стороны трансмиссии, что предлагает множество преимуществ запуска и перезапуска привода, и

48-вольтовой электрической бортовой сетью перспективного конструктивного ряда автомобилей Mercedes-Benz BR 223 [8].



Рис. 2. Селективный каталитический нейтрализатор ОГ дизельного ДВС

Несмотря на многочисленность и многогранность тематических исследований в сфере экологической безопасности приводов, вообще, и ДВС, в частности, АКТС, продолжают привлекать к себе систематические разработки инновационных экологических мероприятий на период до 2030 г. и далее. Для соответствия перспективным экологическим требованиям по выбросам углекислого газа и других загрязняющих атмосферный воздух вредных веществ - продуктов сгорания в цилиндрах ДВС углеводородного топлива с ОГ стремящиеся оставаться конкурентоспособными производители автомобилей просто вынуждены использовать в качестве их приводов, если не пока еще очень дорогие полностью электрические агрегаты, то хотя бы комбинированные энергетические установки в составе ДВС и электродвигателей/генераторов в их разном сочетании типоразмеров.

Их использование должно обеспечить достижение поставленной цели снижения выбросов углекислого газа до 50...70 г/км к 2030 г. и доведения их до нуля к 2050 г. В качестве эффективного промежуточного варианта решения этой проблемы результативным оказывается перевод ДВС на сжиженный природный газ, недостатком которого является сниженная энергоемкость, а еще с большим КПД – на водород. Именно его оптимум в конкретных условиях эксплуатации и типоразмерности АКТС определяет результат использования электрифицированного привода различных сегментов автомобильного транспорта.

Результаты совместных исследований сотрудников Институтов автомобильного транспорта Мюнхена и Хемнитца/Столлберга (все – Германия) позволили разработать многофакторную (технично-эксплуатационные параметры) матричную систему поискового анализа, правильного подбора модулей привода и оценки экологической безопасности автомобилей с комбинированными энергетическими установками по критериям экологического баланса «от топливного бака до колеса» и «от источника энергии до колеса» [9].

Наиболее достоверным, но одновременно и трудоемким способом онлайн-оценки токсичности и экологической опасности ОГ является анализ удельных выбросов CO₂. В рамках достижения законодательно задаваемых экологических целей с минимизацией выбросов вредных веществ с ОГ автомобильных ДВС многими исследователями, разработчиками и производителями

активно используются эффективные реализации конструктивно-технологических инноваций в сфере оптимизации систем выпуска самих ДВС и их, хотя бы частичной, замены агрегатами электропривода. В частности, сотрудниками Института транспортной техники Технического университета Брауншвейга (Германия) проведен систематизированный тематический анализ и комплекс целенаправленных экспериментов по достижению оптимизации экологических параметров обычных и электрифицированных автомобилей, позволивший выявить эффективность применения гибридных приводов в бортовой электрической сети напряжением 48 В [10]. И в том числе - с использованием дополнительных аккумуляторных батарей электропитания вспомогательных энергопотребителей напряжением 12 В. Об этом свидетельствуют результаты экспериментов в разных вариантах мощности электромашин в диапазоне полный - средний - мягкий (стартер-генератор системы старт-стоп) гибрида и нагрузочных режимов работы компонентов электросети. И эти результаты более реально отображаются виртуальными испытаниями в новой Всемирной гармонизированной процедуре WLTP с более агрессивным ездовым циклом.

Дистанция автомобиля удвоилась, средняя скорость выросла с 33,6 км/ч до 46,5, а максимальное ускорение увеличилось более чем в полтора раза - с 1,04 м/с² до 1,67. Почти 44% всего цикла (вдвое больше, чем раньше) автомобиль разгоняется. Время останова на столько же сократилось, так что системы start/stop не будут столь эффективны. Кроме того, WLTP требует, чтобы каждая модель с определенным силовым агрегатом была испытана как в базовой версии, так и в наиболее оснащенной, а значит, тяжелой конфигурации. Это сулит более реальные паспортные данные о расходе топлива.

Самого пристального внимания продолжает привлекать к себе соответствие действующим и будущим экологическим стандартам фактических выбросов вредных веществ с ОГ высокоэффективных атмосферных и наддувных бензиновых и дизельных ДВС. В современных бензиновых ДВС с турбонаддувом используется множество различных рабочих стратегий для улучшения динамики и защиты компонентов, особенно в нижнем и верхнем диапазоне скоростей. Однако они часто противодействуют преобразованию выбросов в трехкомпонентном каталитическом нейтрализаторе, поскольку это обеспечивает полную эффективность только для стехиометрических смесей. Инженерно-технологическим подразделением Porsche Engineering, известнейшего поставщика автомобилей, углубленно исследованы и проработаны три концепции, которые позволяют стехиометрическому ДВС с $\lambda = 1$ топливозодушной смеси на всех нагрузочных режимах работать без потери мощности [11]. Это - двухступенчатое регулирование фаз газораспределения, 48-вольтовый привод турбокомпрессора и 48-вольтовый привод турбоагнетателя. Возможность достижения этих оптимизационных экономических и экологических результатов подтверждена в имитационных ездовых циклах Всемирной гармонизированной процедуры WLTC, реальных измерений выбросов вредных веществ RDE Европейского цикла NEFZ.

Распространение современных возможностей стендовых динамометрических испытаний на выявление комплексных характеристик трансмиссий и функций

электронной поддержки водителей ассистент-систем АКТС позволяет достоверно оценить оптимальность комбинации их агрегатного оснащения. В комплексе ADAS используются автоматизированные технологии, датчики и камеры для обнаружения препятствий фиксации и исправления ошибок соответствующим реагированием подсистем. Идеальное взаимодействие всех подсистем имеет решающее значение для достижения баланса между соответствием требованиям механической безопасности, нормам выбросов вредных веществ, энергоэффективностью и конкретными характеристиками транспортного средства при проектировании, разработке функций и калибровочной настройке порогов автоматического срабатывания ограничителей и/или устройств превентивной защиты.

На наглядных примерах реализации инжиниринговая программно-испытательная компания IPG Automotive из Карлсруэ (Германия) продемонстрировала, как, преодолевая разрыв между миром испытательных стендов и смоделированным реальным миром, разработчики функций и инженеры по калибровке могут подвергать всесторонней оценке сетевой привод [12]. Он представляет собой часть законченного управляемого с той или иной степенью автоматизации, так и беспилотного роботизированного транспортного средства и на протяжении всего процесса разработки в процессе виртуальных и/или реальных испытаний.

В основе этого комплекса лежит испытательная стендовая платформа CarMaker с интегральным программным управлением по режимам работы как агрегатами и системами собственно шасси АКТС, так и воспринимающими и транспонирующими сигналы в его интеллектуальную электронно-коммуникационную бортовую сеть радарными, лидарными, ультразвуковыми, видеокамерными устройствами обзора окружающего пространства и приемо-передающими устройствами глобальной космической и локальных инфраструктурных сетей навигации.

Эти и другие примеры исследований, проектирования, изготовления и эксплуатации АКТС с традиционным приводом в виде ДВС в качестве силового агрегата свидетельствуют о продолжении совершенствования автомобильного транспорта. И это несмотря на меняющуюся экономическую и политическую конъюнктуру мирового рынка потребления продукции, вообще, подвижного состава транспорта и использующихся в нем энергетических ресурсов, в частности. Это совершенствование характеристик экологической безопасности продолжает оставаться актуальной проблемой, требующей эффективных решений. Но, наряду с экологической безопасностью, совершенствование АКТС, активно реализуется в направлении, главным образом, использования электрифицированного привода и автономного беспилотного управления, аспекты которых будут рассмотрены в следующих частях этого тематического анализа.

Литература

1. Backhaus R. Paradigmenwechsel in China – Die neue Antriebsvielfalt// MTZ: Motortechnische Zeitschrift, 2020.- Vol. 81, № 7-8. - S. 8-9, 15.
2. Höber D., Maxl S. Eignung mobile Emissionsmessgeräte in der Applikation// MTZ: Motortechnische Zeitschrift, 2020.- Vol. 81, № 5. - S. 72-73, 76.

3. Keskin M.-T., Grill M., Bargende M. RDE-Bewertung in der frühen Konzeptphase// MTZ: Motortechnische Zeitschrift.- 2020.- Vol. 81, № 7-8.- S. 60-61, 65.
4. Treichel V., Schaller E., Soost F.W.G. Neue Mobilitätskonzepte am Beispiel einer universellen Fahrzeugplattform // ATZ extra: Приложение к журналу ATZ.- 2020, Okt. прил. Autom. Eng. Partners. - S. 30-31, 33.
5. Herber S., Haupt J., Gassmann T., Chatenay C. Hocheffizienter Allradantrieb für Prw von morgen// MTZ: Motortechnische Zeitschrift.- 2021.- Vol. 82, № 1. - S. 60-61, 64.
6. Salminen J, Saxholm S, Hämäläinen J, Högström R. Advances in traceable calibration of cylinder pressure transducers// Metrologia: International Journal of Pure and Applied Metrology.- 2020.- Vol. 57, № 4. - P. 45-50.
7. Fricke F., Steinhuber T., Grubmann E., Rusche U. Konzeptuntersuchungen zur elektrischen Abgaszuheizung// MTZ: Motortecnik Zeitschrift.- 2021.- Vol. 82, № 3.- S. 28-34.
8. Sommer M., Koehlen C., Weller R., Tschamon B. Innovationen gegen Emissionen// ATZ. Extra.- 2020, Okt., Neue S-Kl. Mercedes-Benz.- С. 122-127.
9. Wukisiewitsch W., Danzer C., Torsten S. Systematische Entwicklung nachhaltiger Antriebe für das Jahr 2030 und darüber hinaus// ATZ extra.- 2020, Apr.,- прил. Hybridantriebe und 48-V-Bordnetz.- S. 14-20.
10. Werra M., Sieg C., Ringleb A., Küçükay F. CO2 - Analyse und Auslegung von 48-V-Hybridantrieben// ATZ extra.- 2020, Apr.,- прил. Hybridantriebe und 48-V-Bordnetz.- S. 22-27.
11. Penzel M., Bevilacqua V., Böger M. Einhaltung kuenftiger Emissionsnormen mit aufgeladenen Hochleistungs-Ottomotoren// MTZ: Motortechnische Zeitschrift.- 2020.- Vol. 81, № 6.- S. 18-19, 27.
12. Pfister F. Vernetztes Testen von Powertrain- und ADAS-Funktionen am Leistungsprüfstand// MTZ extra.- 2020, Sept. - S. 36-37, 40.

Сведения об авторе:

Грушников Виктор Александрович, старший научный сотрудник ОНИ по машиностроению Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН).

Телефон 8 499 152 59 10,
E-mail: mach04@viniti.ru.