

Библиографический список

1 Почему в ВДВ квадроциклы летают: десант получил крылатых «Тулчанок» [Электронный ресурс] – Режим доступа : [/http://tvzvezda.ru/news/forces/content/201505241015-4a06.htm](http://tvzvezda.ru/news/forces/content/201505241015-4a06.htm). – Загл с экрана.

2 Автомобили с гибридным двигателем, плюсы и минусы, принцип работы [Электронный ресурс] – Режим доступа : [/http://znanieavto.ru/dvs/gibridnyj-dvigatel.html](http://znanieavto.ru/dvs/gibridnyj-dvigatel.html). – Загл с экрана.

3 «Армата» с длинным поводком [Электронный ресурс] – Режим доступа : [/https://topwar.ru/105510-armata-s-dlinnym-povodkom.html](https://topwar.ru/105510-armata-s-dlinnym-povodkom.html). – Загл с экрана.

УДК 629.3.02

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ  
ЗА СЧЁТ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ ИХ АГРЕГАТОВ И СИСТЕМ

А. В. Набокин, В. И. Посметьев, В. О. Никонов

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

E-mail: ANabokin777@mail.ru

С каждым годом увеличивается количество транспортных средств работающих на двигателях внутреннего сгорания, по данным на середину текущего года, в России насчитывается более 48 миллионов транспортных средств. В связи с этим, возникает задача повышения эффективности использования ДВС – уменьшение использованных ресурсов, что решит также экологическую проблему, так как один автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы в среднем более 4 т кислорода, выбрасывая при этом с отработанными газами примерно 800 кг угарного газа, 40 кг оксидов азота и почти 200 кг различных углеродов [1].

Автомобильный транспорт расходует больше половины общего количества энергоресурсов, потребляемых всеми видами транспорта [2].

В качестве автомобильного топлива применяют: бензин, дизельное топливо, природный газ, водород, генераторный газ. Основным источником энергии для двигателя внутреннего сгорания является бензин и дизельное топливо. Эти виды топлива производятся из нефти.

В течение 20 лет добыча и потребление нефти в мире увеличивается, что

приводит к истощению ее запасов (рис. 1). Нефть – невозобновляемый ресурс, имеет органическое происхождение и образуется с участием останков древней флоры и фауны. Она восстанавливается слишком медленно, поэтому ни наше, ни следующее поколение новых запасов нефтепродуктов уже не увидит. Это сделает проблематичным развитие высокотехнологичных отраслей за счет нефтянки – традиционной экономики мира, – и приведет к повышению стоимости бензина и дизельного топлива на автозаправках.

Крупнейший экспортер нефти в мире, Саудовская Аравия, считает, что ее запасов нефти объемом 266,5 миллиарда баррелей хватит еще на 70 лет. В связи со сложившейся ситуацией необходим поиск источников альтернативной энергии для автомобильного транспорта [3].

На данный момент основными путями снижения энергопотребления на автомобильном транспорте являются: создание более совершенных двигателей, потребляющих не только меньшее количество топлива, но и выбрасывающих в атмосферу меньшее количество загрязняющих веществ; замещение бензина сжатым или сжиженным газом; создание развитой системы технического обслуживания и ремонта транспорта; автоматизация управления перевозками; поддержание автомобильных дорог в надлежащем состоянии также позволяет значительно сократить энергопотребление.

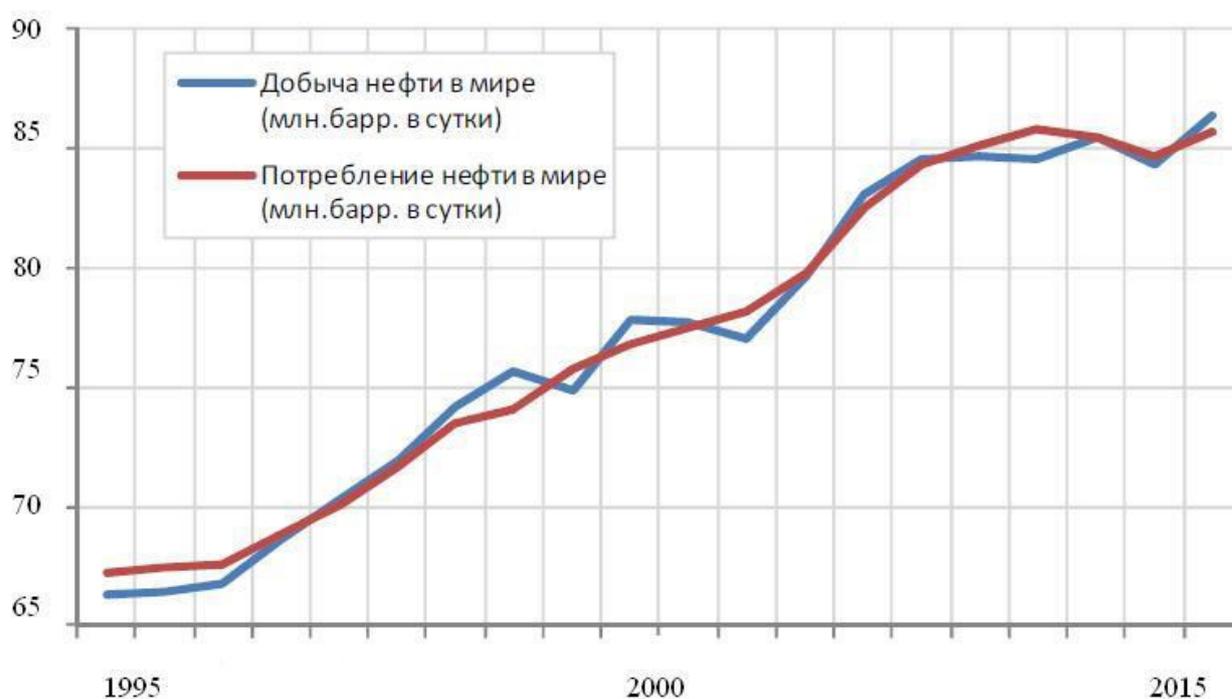


Рисунок 1 – Добыча и потребление нефти в мире

В связи с этим, на данный момент, политика энергосбережения, которая проводится на всех видах транспорта, является актуальной. Также важно совершенствование структуры транспортных средств, в целях обеспечения перевозки грузов и пассажиров при минимальных энергетических затратах [2].

Системы рекуперации в автомобилестроении помогают экономить топливо. Без сомнений, это шаг в будущее, переход на альтернативные источники [4].

Может, это покажется странным, но автомобиль можно рассматривать как устройство для напрасного расходования энергии. Так, КПД бензиновых ДВС по оценкам экспертов составляет максимум тридцать три процента, причем часть ее теряется через систему охлаждения, часть – через систему выхлопа, а часть при торможении и разгоне, а также в пробках. Чтобы уменьшить потери, используется рекуперация энергии [5].

Рекуперация – возвращение части энергии или материалов для их повторного использования во время одного и того же процесса [6].

Если говорить об автомобилях, то существует два основных вида рекуперации – кинетическая рекуперация за счет энергии торможения (KERS) и система рекуперации тепла.

Рекуперативное торможение – это вид торможения, в котором та энергия, которая выделяется тяговыми электродвигателями (они работают в режиме генератора), возвращается в сеть. То есть становится генератором той кинетической энергии, которая выделяется во время торможения. Она возвращается в мотор [4].

Доказывать необходимость рекуперативного торможения, то есть такого, при котором энергия машины снова аккумулируется, чтобы быть потом использованной для разгона, никому не нужно. Эффективность схемы еще с 60-х годов проверена на железной дороге. Но там используются электровозы, и энергия сразу возвращается в сеть.

Обычное электрическое торможение и рекуперация полезны уже тем, что используются на железной дороге около 60 лет и отработаны до мелочей. Все конструктивные схемы с синхронными, асинхронными и коллекторными двигателями давно известны и рассчитаны. Энергия передается обратно в питающую сеть, запасается в аккумуляторы или суперконденсаторы и может быть использована через длительное время [7].

Наиболее простым способом это реализуется на гибридном автомобиле. При обычном режиме движения вспомогательный ДВС вращает генератор. Тя-

говые моторы получают от него питающее напряжение и крутят колеса. Когда машина тормозит, то генератор отключается, и уже колеса крутят тяговые моторы, а они начинают работать как генератор и вырабатывают электроэнергию, которая сохраняется аккумулятором. Вот таким образом в системе рекуперации, энергия торможения становится электроэнергией.

Подобный подход к использованию торможения возможен не только на гибридном автомобиле. Например, на многих машинах семейства BMW реализуется аналогичный способ, только несколько измененный. На некоторых моделях BMW при разгоне генератор не работает, что позволяет уменьшить нагрузку на двигатель, а также снизить потребление горючего. Когда же водитель начинает процесс торможения, то подключается генератор и начинает подзарядку АКБ.

Применение подобным образом рекуперации энергии торможения в автомобиле, для зарядки аккумуляторов, с питанием от них в дальнейшем бортовой электроники, достаточно традиционно. Как уже отмечалось, это позволяет добиться экономии топлива и повысить динамические характеристики, за счет расходования мощности двигателя исключительно на движение. Однако, это не единственный подход, который реализуют изготовители для рационального использования энергии на автомобиле в процессе торможения [5].

Большая часть исследований по топливосберегающим механизмам (ТМ) гидрофицированных машин посвящена рекуперации энергии при торможении городских автобусов [8].

Экспериментальные автобусы ЛАЗ-695 и ЛАЗ-4202 с пневмогидравлической системой РЭТ были испытаны учеными Курского политехнического института. Результаты испытаний показали, что экономия топлива достигает 30 % и почти в 3 раза снижается токсичность отработавших газов. Аналогичные результаты получены в Германии на экспериментальных автобусах, эксплуатируемых на городских маршрутах Берлина. Экономия топлива составила 20-25 %, на 60 % увеличена интенсивность разгона и выявлен ряд дополнительных преимуществ: повышение комфортабельности и снижении шума при разгоне, улучшение условий труда водителя, уменьшение износа тормозов, улучшения состояния воздуха в зоне автобусных остановок. Однако после испытания экспериментальных образцов возникли проблемы создания серийных систем РЭТ. Обзор литературы и патентный поиск показали, что системам РЭТ для транспортных средств не уделяется достаточного внимания, мало научных статей и патентов.

В настоящее время наиболее перспективной является система РЭТ с гидравлической машиной (гидронасос-мотор) и пневмогидравлическим аккумулятором, структура которой показана на рисунке 2.

Она с помощью связанного с трансмиссией гидронасоса преобразовывает с высоким КПД кинетическую энергию транспортного средства в энергию сжатого газа в пневмогидравлическом аккумуляторе, перекачивая в него жидкость из бака. Затем, с помощью этой же гидравлической машины энергия сжатого газа преобразовывается в кинетическую энергию движения транспортного средства. При этом рабочая жидкость из пневмогидравлического аккумулятора возвращается в бак [9].

Mazda Motor Corporation разработала первую в мире рекуперативную тормозную систему, в основе которой лежит конденсатор. Революционная система под названием «i-ELoop» устанавливается на серийные автомобили Mazda, начиная с 2012 г. В реальных условиях эксплуатации, с частыми разгонами и торможениями, i-ELoop помогает снизить расход топлива примерно на 10 %.

Для использования энергии отработавших газов фирма BMW разработала вариант двигателя, в котором газы нагревали воду, превращая ее в пар, который затем с помощью паровой машины подкручивал коленчатый вал двигателя внутреннего сгорания. В другом варианте, энергия тепла отработавших газов используется для получения электрической энергии и питания многочисленных потребителей на борту, разгрузив штатный генератор. Можно отметить, что в современных автомобилях ради 1 кВт·ч электроэнергии приходится сжигать бензина на 6 кВт·ч [6].

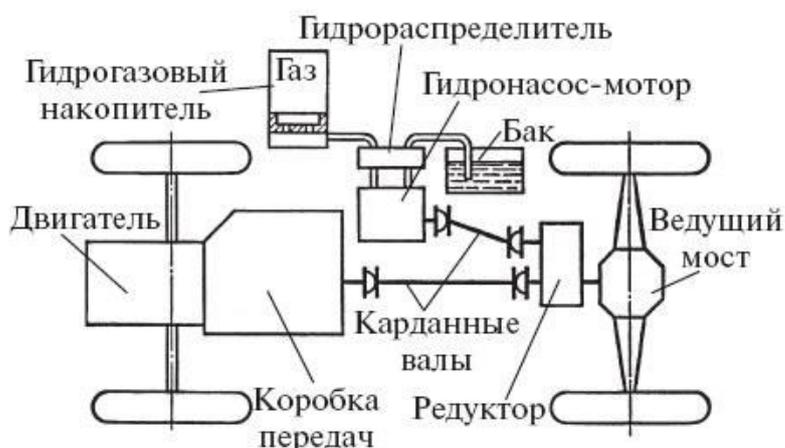


Рисунок 2 – Система РЭТ с гидравлической машиной (гидронасос-мотор) и пневмогидравлическим аккумулятором транспортного средства

Благодаря современным энергосберегающим веяниям появляется все больше гибридных автомобилей. Для увеличения их пробега используют систему рекуперативного торможения (KERS). Примеры – Chevrolet Volt и Toyota Prius.

На некоторых автомобилях батарея для зарядки при торможении установлена отдельно для питания периферийных систем, таких как мультимедийные и климатические. В частности, это использовалось в машинах Ferrari. При этом для движения по-прежнему использовался бензиновый двигатель. В итоге это позволяет экономить топливо.

Рекуператор тепловой энергии – теплообменник, использующий тепло газов. Бывают прямоточные, противоточные и пр.; по форме – ребристые, пластинчатые, трубчатые и пр.

В принципе, используются они в основном на производствах. Говорить об их автомобильном назначении можно лишь в свете турбомоторов, которые используются в Формуле-1, начиная с 2014 г. В них система рекуперации именно теплового вида [4].

Рециркуляция отработавших газов (EGR – Exhaust Gas Recirculation) повышает эффективность работы двигателя, уменьшает расход топлива, снижает «жесткую» работу дизельного двигателя и детонацию в бензиновом двигателе.

Клапан EGR, являющийся основой всей системы, позволяет части сгоревших отработавших газов вернуться обратно во впускной коллектор и смешаться со свежим зарядом воздуха, что дает возможность снизить температуру сгорания топливно-воздушной смеси, и, тем самым, уменьшить образование оксидов азота, которые образуются в двигателе под действием высокой температуры. При этом соотношение компонентов в топливно-воздушной смеси остается неизменным, а мощностные характеристики двигателя изменяются незначительно.

В бензиновых двигателях, она снижает насосные потери за счет снижения перепада давления на дроссельной заслонке. Более низкие температуры сгорания предотвращают детонацию, поэтому может быть установлен более ранний момент зажигания, что обеспечит повышение крутящего момента.

На дизельных двигателях, в зависимости от стандарта токсичности отработавших газов, применяются различные схемы системы рециркуляции отработавших газов: высокого давления, низкого давления и комбинированная система рециркуляции.

С другой стороны, при рекуперации часть продуктов сгорания возвращается в цилиндры двигателя и, значит, агрессивные газы и твердые частицы кон-

тактируют с масляной пленкой на стенках цилиндров не только в тактах расширения и выпуска, но и при впуске и сжатии.

Система рекуперации теплоты отработавших газов использует отработавшие газы для прогрева охлаждающей жидкости при запуске двигателя с помощью теплообменника, встроенного в выпускной тракт. Данная система более быстро прогревает двигатель, повышает КПД гибридного привода и улучшает топливную экономичность за счет более быстрого прогрева [6].

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о перспективности направления повышения экономичности автомобилей путем создания в их подвесках эффективных систем рекуперации. На неизбежные колебания подвесочной массы движущегося автомобиля естественно затрачивается часть энергии силовой установки, составляющая по разным оценкам, в зависимости от дорожных условий, не менее 10-20 % общих механических потерь. Эту энергию, без вреда для снижения эффективности функционирования подвески, можно полезно использовать. Основные случаи возникновения возмущающей силы и соответственно деформаций в упругих элементах подвески автомобиля.

Отечественными и зарубежными изобретателями и разработчиками новой техники к настоящему времени предложено большое число разных по типу и конструкции устройств рекуперации энергии в подвесках автомобилей (свыше 100 патентов). В общем случае они подразделяются на следующие три группы: электрические, гидро- и пневматические, инерционно-механические. Учитывая, что основным видом энергии в электро- и гибридных силовых установках является электричество, то первая группа устройств рекуперации энергии в подвесках более предпочтительна. В отличие от двух других групп здесь не требуется трансформация энергии из одного вида в другой, что в конечном итоге упрощает конструкцию и удешевляет производство электро- и гибридных автомобилей [10].

Гибриды на данный момент оказываются самым перспективным направлением развития автомобилей с точки зрения снижения расхода топлива, а прогресс в создании аккумуляторных батарей и развитие так называемых «подзаряжаемых гибридов», по сути являющихся промежуточным звеном между чистыми электромобилями и гибридами, делает их важным элементом в эволюции персонального автотранспорта. Постепенно растет мощность электромоторов, а значит и тормозная мощность таких систем. Аккумуляторы на новых проектах используются в основном литий-ионные, способные запасать значительно больше энергии и заряжающиеся во много раз быстрее, становятся

мощнее и электродвигатели [7].

С учетом сделанных выводов в настоящее время ведется работа по созданию модернизированной системы накопления энергии на базе современных литий-железо-фосфатных аккумуляторов энергии. Одним из преимуществ применения литий-железо-фосфатных аккумуляторов является возможность в ближайшей перспективе организации их массового производства на территории России, что приведет к значительному снижению стоимости и доступности компонентной базы [11].

В приведенных тезисах четко просматривается дальнейшая необходимость совершенствования систем рекуперации в автомобиле, так как это дает возможность уменьшить нормы расхода топлива и, как следствие, уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу [6].

#### Библиографический список

1 Бажанов, В. И. Анализ эффективности гидравлической системы рекуперации энергии торможения автомобиля [Текст] / В. И. Бажанов, А. М. Сгадлев // Символ науки. – 2016. – № 9. – С. 20-23.

2 Пилипюк, Ю. Н. Возможность применения солнечных батарей на автомобилях – рефрижираторах [Текст] / Ю. Н. Пилипюк, О.А. Широкоград // Проблемы эксплуатации автомобильного транспорта и пути их решения на основе современных информационно-коммуникационных и энергосберегающих технологий : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж, 2016. – С. 85-88.

3 Спиридонов, В. Д. Пеллеты как топливо для автомобиля [Текст] / В. Д. Спиридонов, А. В. Милюкова, В. В. Сиваков // Проблемы эксплуатации автомобильного транспорта и пути их решения на основе современных информационно-коммуникационных и энергосберегающих технологий : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж, 2016. – С. 152-157.

4 Autoshcool.RU – Освещение всех аспектов автомобильной индустрии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.autoshcool.ru/>. – Загл. с экрана.

5 Znanieavto.RU – Всё об устройстве автомобиля, его частях и механизмах [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://znanieavto.ru/>. – Загл. с экрана.

6 Хомич, И. В. Рекуперация в автомобиле [Текст] / И. В. Хомич // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междуна-

родной научно-технической конференции. – Могилёв, 2015. – С. 225-226.

7 Kolesa.RU – Всё об автомобилях [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.kolesa.ru/>. – Загл. с экрана.

8 Тарасов, Е. А. Обоснование параметров ходовой части, навесного механизма и предохранителя, обеспечивающих топливную экономичность лесохозяйственных агрегатов [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : защищена 10.10.07 / Е. А. Тарасов. – Воронеж, 2007. – 185 с.

9 Рябов, И. М. Проблемы создания системы рекуперации энергии торможения транспортных средств и пути их решения [Текст] / И. М. Рябов, С. А. Ширяев, Ю. Г. Юсупов // Проблемы эксплуатации автомобильного транспорта и пути их решения на основе современных информационно-коммуникационных и энергосберегающих технологий: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж, 2016. – С. 127-132.

10 Посметьев, В. И. Оценка эффективности применения системы рекуперации энергии в подвеске автомобиля [Текст] / В. И. Посметьев, М. В. Драпалюк, В. А. Зеликов // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 76(02). – С. 1-15.

11 Филонов, А. И. Пути повышения эффективности рекуперации энергии на автомобиле с комбинированной энергетической установкой [Текст] / А. И. Филонов // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2013. – № 12 (115). – С. 103-105.

УДК 629.33.02.004.67

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПЛАВЛЕННЫХ И НАПЫЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

А. М. Кадырметов, В. Н. Бухтояров, Д. И. Мисюнас

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

E-mail: 79081469891@yandex.ru

Основной задачей разработки технологического процесса изготовления или ремонта является выбор наиболее перспективного способа упрочнения рабочих поверхностей деталей, работающих при динамических нагрузках. К упрочнению рабочих поверхностей деталей, работающих при циклических нагрузках, предъявляются высокие требования: надежное соединение покрытия с основой; высокая и