

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ГОРОДСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ

В.В. Руднев, Б.Л. Арав, В.Ю. Костров

Двигатель внутреннего сгорания был изобретен более ста лет назад. И на протяжении всего периода существования он непрерывно совершенствовался. За последние 10-20 лет для ведущих мировых производителей и потребителей автотранспортных средств одной из актуальнейших стала проблема снижения расхода топлива и выброса вредных веществ. Постоянное ужесточение экологических требований в связи с глобальным загрязнением планеты и намечающимся "парниковым эффектом", а также обострение общемирового энергетического кризиса активизировали в последние годы XX столетия поиск новых решений.

К настоящему времени успехи в развитии двигателей внутреннего сгорания (ДВС) были достигнуты в упорной конкурентной борьбе с другими видами энергоустановок. В 70-е годы прошлого века ведущие зарубежные фирмы, особенно американские, вели интенсивные исследования по созданию автомобильных газотурбинных двигателей, двигателей Стирлинга и силовых установок других конструкций, в том числе и на топливных элементах. Однако, планировавшееся их внедрение в производство, так и не было осуществлено ввиду экономической нецелесообразности.

У поршневых ДВС, наиболее широко используемого типа силовых установок, есть ряд преимуществ перед другими типами силовых установок. К настоящему времени это, прежде всего, топливная экономичность и возможность удовлетворения международным требованиям

по экологии. Отлаженность технологии выпуска ДВС обеспечила их низкую удельную стоимость (затраты/кВт энергии). Совершенствование рабочего процесса привело к высокой объемной (массовой) энергоемкости (кВт/кг, кВт/м³). Изыскания многих поколений ученых и инженеров открыли, что у данной конструкции есть неиспользованные резервы для дальнейшего развития и совершенствования конструкции.

Например, существенный рост к.п.д. бензиновых двигателей и улучшение экономичности было достигнуто благодаря:

переходу на впрыск топлива во впускной трубопровод или непосредственно в цилиндр; использованию наддува и переходу на четырехклапанное газораспределение; повышению степени сжатия до 10,5...13,0; расширению пределов эффективного обеднения смеси путем повышения турбулентности заряда в цилиндре.

Все перечисленные эколого-экономические показатели поршневых ДВС позволяют рассматривать их (на ближайшую перспективу) как основной вид источников энергии для автотранспортных средств.

За прошедшие 30 лет с начала топливного кризиса 1976-1978 годов удельный расход топлива был снижен почти в два раза. Следует отметить, что в настоящее время другой удельный показатель расхода топлива в литрах на 100 км, отнесенный к одному литру рабочего объема двигателя, составляет для бензиновых двигателей с искровым зажиганием 4,5; а для двигателей с воспламенением от сжатия - 3,0 [1].

Нерешенные проблемы дальнейшего снижения расхода топлива и уменьшения токсичности отработавших газов автомобилями массового производства привлекли внимание конструкторов других отраслей промышленности (в частности, электротехнической). Они обратились к созданию сначала электромобилей, а затем и автомобилей с гибридными силовыми энергоустановками.

Под гибридной или комбинированной силовой энергоустановкой (КЭУ) подразумевают комплексную силовую установку, состоящую из поршневого ДВС, электрогенератора, приводных электродвигателей, накопителя электроэнергии (аккумулятора) и системы микропроцессорного управления и оптимального регулирования. Это может обеспечить снижение расхода топлива в городских условиях движения на 28...32 %.

Проблемным вопросом для КЭУ остается необходимость оптимизации характеристик ДВС на различных режимах и при различных частотах вращения вала в зависимости от требуемой для автомобиля мощности, то есть для различных условий работы ДВС в городских условиях. Изучение влияния формы универсальной характеристики двигателя на топливно-экономические и экологические показатели автомобиля ведется с 60-70 годов минувшего столетия. При

движении автомобиля в городских условиях на малых скоростях от 10 до 40 км/ч ДВС работает в диапазоне малых нагрузок и малых частот вращения вала. Реальные режимы работы (ДВС) находятся далеко от зоны минимальных удельных расходов топлива. При этом до 40 % времени в городских условиях ДВС работает вообще без нагрузки. Исходя из вышеизложенного, необходимо, чтобы двигатель работал в экономичном установившемся режиме с постоянной нагрузкой и постоянной частотой вращения коленчатого вала весь период эксплуатации совершая полезную работу [2].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для получения наибольшего эффекта по снижению расхода топлива и выброса вредных веществ, необходимо уменьшение литража ДВС, с тем, чтобы соединить режимы работы в условиях города автомобиля с зоной наименьших удельных расходов топлива и иметь накопленную энергию для преодоления импульсных нагрузок во время разгона.

В настоящее время в мировой практике двигателестроения рассматриваются (исследуются и активно патентуются) два направления: первое – это гибридные силовые установки с электрическим приводом и накопителями энергии в электрических аккумуляторах; второе – это применение гибридных силовых установок с пневматическим приводом с накоплением энергии в виде сжатого воздуха в баллонах [3, 4].

В настоящее время наиболее разработаны КЭУ, включающие: первичный тепловой двигатель (ПТД), электрогенератор (ЭГ), электрохимический аккумулятор (АК) и тяговый электромотор (вторичный двигатель) с трансмиссией, либо непосредственно мотор - колеса, рис.1. Они выполняются по параллельной, последовательной или смешанной схемам и характеризуются возможностью рекуперации части энергии автомобиля при его торможении. На изготовление электрических систем КЭУ, которые являются весьма трудоемкими, требуются цветные металлы (электродвигатели, электрогенератор, накопители электрической энергии (аккумуляторы) и др.) [5].

Возможности автомобилей с КЭУ с электрическим приводом, производство которых планируют начать в ближайшее время, можно оценить, анализируя фирменные рекламные и эксплуатационные данные

по топливной экономичности. Так, фирма "Тойота" на минивэне Estima повысила его экономичность на 180 % и достигла расхода топлива 3,48 л/(100 км), а на новой модели автомобиле "Приус" достигла расхода топлива 2,8 л/(100 км). Фирма "Хонда" на автомобиле Insight в городских условиях обеспечила расход на уровне 3,8 л/(100 км). Фирма "Дженерал Моторс" объявила о 30-ти процентном снижении расхода топлива на своем автомобиле с КЭУ.

Имеется ряд результатов, показывающих возможности создания альтернативных КЭУ [2, 6, 7] применением аккумуляторов сжатого воздуха (фирма МДИ, Испания). Так созданные этой фирмой городские автомобили и двигатели, работающие на сжатом воздухе, имеют достаточно высокие показатели.

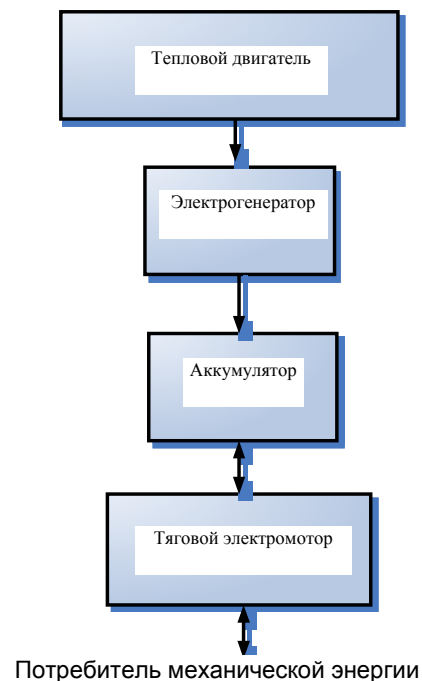


Рис.1. Альтернативная КЭУ (применяемый вариант)

Анализ достигнутых результатов позволяют сформулировать основной принцип создания альтернативных КЭУ.

Необходимо от производства энергии пропорционально потреблению (характерно для традиционных энергетических установок) перейти к раздельному производству энергии с его накоплением и к последующему потреблению в зависимости от потребности.

В работах ЧВВАИКУ [6–9] убедительно показано, что имеются неиспользуемые резервы повышения эффективности автомобильных энергетических установок путем утилизации энергии в форме теплоты, содержащейся в от-

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ГОРОДСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ

работавших газах и охлаждающих жидкостях двигателей. Это может обеспечить повышение коэффициента полезного действия установок на - 30-50 %, а также существенно снизить токсичность отработавших газов.

На этой основе разработаны схемы альтернативных КЭУ, реализующие изложенный принцип новыми техническими средствами.

Их особенностями является использование аккумуляторов энергии не только в традиционной форме работы, но и в форме теплоты [6–9]. Аккумуляторы накапливают постоянно вырабатываемую энергию и отдают ее в зависимости от интенсивности потребления. Вариант альтернативных КЭУ с последовательным преобразованием энергии и аккумуляторами энергии в формах теплоты и работы представлен на рис. 2.

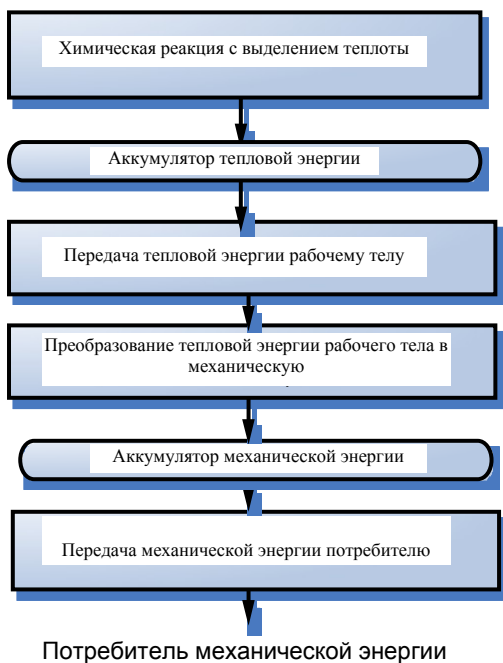


Рис. 2. Альтернативные КЭУ с последовательным преобразованием и аккумулятированием энергии

Анализ показывает большую эффективность установок с параллельными потоками энергопреобразований (рис. 3.), причем тепловая энергия накапливается в тепловом аккумуляторе, а механическая - в аккумуляторе механической энергии. После объединения их в интеграторе происходит передача энергии потребителю в зависимости от потребности транспортного средства в преодолении дорожных сопротивлений.



Рис. 3. Альтернативные КЭУ с параллельным преобразованием и аккумулятированием энергии

При этом возможна рекуперация энергии, например при торможении автомобиля, с помощью аккумуляторов, что позволит значительно повысить его экономичность. Альтернативная КЭУ с параллельным преобразованием энергии с её рекуперацией и аккумулятированием и представлена на рис. 4.

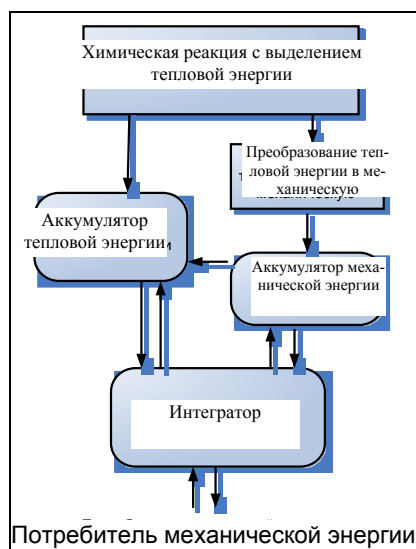


Рис. 4. Альтернативная КЭУ с параллельным преобразованием, рекуперацией и аккумулятированием энергии

Анализ показал, что наиболее целесообразным техническим решением для практиче-

ской реализации предлагаемых схем является комбинированная энергетическая установка (рис.5), состоящая из первичного теплового двигателя (ПТД), аккумуляторов энергии в форме теплоты и работы (АТ и

АР) и вторичного теплового двигателя (ВТД), использующего накопленную в аккумуляторах энергию и способного пополнять её путем рекуперации, например в режимах торможения.

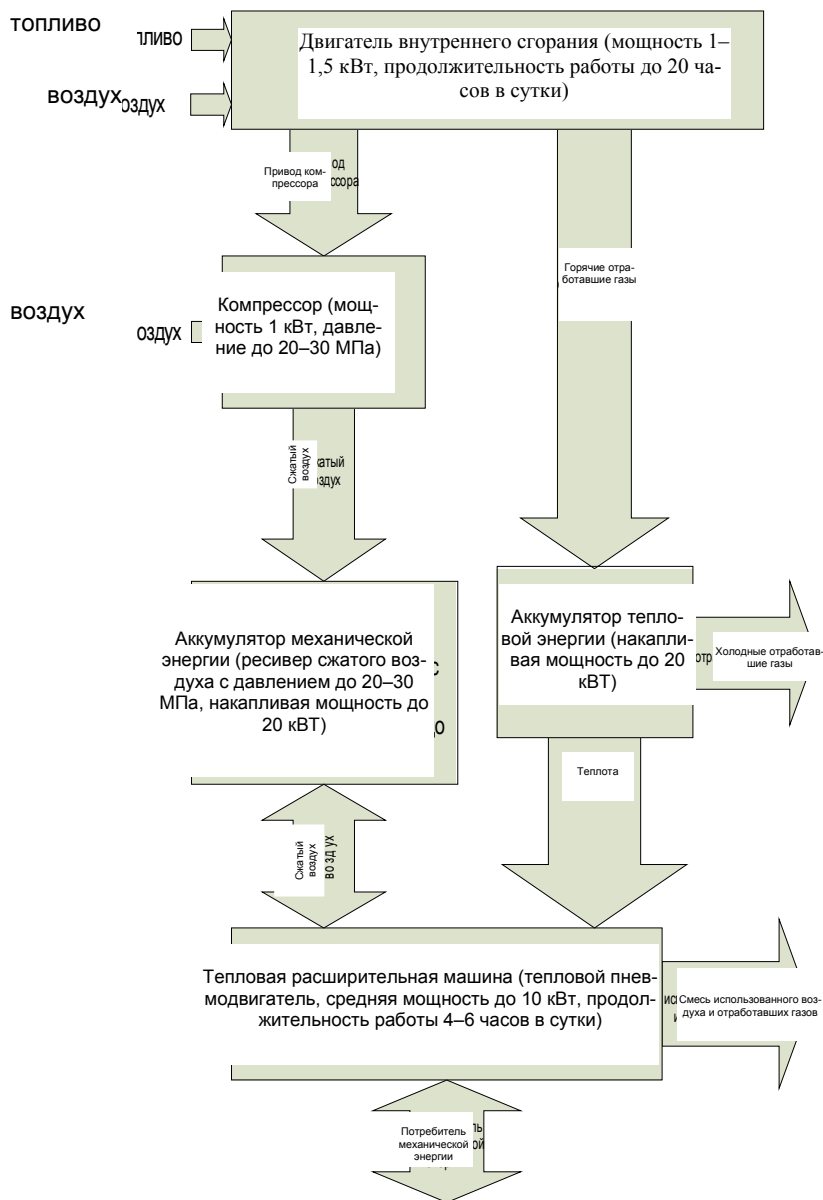


Рис. 5. Альтернативная КЭУ с первичным тепловым двигателем, расширительной машиной (вторичный тепловой двигатель) и различных аккумуляторов

Мощность, развиваемая первичным тепловым двигателем, не связана с потребляемой для преодоления дорожного сопротивления в конкретный момент времени. Поэтому ПТД может работать на наиболее экономичном стационарном режиме. Необходимая эффективная мощность ПТД определяется из баланса выра-

ботанной энергии в формах теплоты и работы и используемой энергии в форме работы с учетом возможной рекуперации.

Для определения мощности ПТД используем имеющиеся опытные данные по структуре цикла движения автомобиля и доле времени рекуперации (режимы торможения) [2, 6, 10-12], а также данные по потерям энергии при её аккумуля-

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ГОРОДСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ

мулировании и передаче в подводных аппаратах с тепловыми аккумуляторами [13].

Например, при умеренно интенсивной эксплуатации автомобиля массой 800 кг в городском цикле (ГОСТ 20306) в течение 10 часов с пробегом 400 км с характерной средней скоростью движения 18-20 км/час [2, 14] и времени работы ПТД в течение 18-20 часов его мощность составляет не более 3-5 кВт.

Полученная мощность в 5-7 раз меньше мощности ЭУ автомобиля-аналога, выполненного по традиционной схеме и на 20-30 % меньше мощности ПТД для рассмотренной выше схемы КЭУ с электропреобразованием энергии теплового двигателя. При этом возможности аккумуляторов позволяют кратковременно увеличивать мощность ВТД для обеспечения требуемых динамических показателей городского автомобиля. Кроме отмеченного, к преимуществам рассматриваемой КЭУ по сравнению с другими относятся следующее:

- возможность значительного снижения токсичности отработавших газов ПТД в процессе аккумуляции их тепловой энергии [8, 9];

- существенно более низкие стоимость и массо-габаритные показатели за счет отсутствия электрических машин и электрохимических аккумуляторов.

Приведенные данные свидетельствуют об эффективности предложенной схемы КЭУ городского автомобиля, а современные технические возможности позволяют её реализовать. Для этого необходимо проведение соответствующих научно-исследовательских работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мацкерле Ю. Современный экономичный автомобиль.- М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.

2. Умняшкин В.А. и др. Автомобили особо малого класса (квадрициклы) с гибридной энергосиловой установкой. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика, 2004.-138 с.

3. Умняшкин В.А., Филькин Н.М. Разработка методики расчета мощностных и конструктивных параметров энергосиловой установки электромобиля гибридного типа на примере легкового автомобиля // Вестник РАТ.- Вып.2. –Курган: Изд-во КГУ, 1999. - С. 49-53.

4. Яковлев А.И., Эйдинов А.А. Взгляд на перспективы развития энергетических установок автомобилей // Автостроение за рубежом. -1998.- № 10.- С.14-19.

5. Электромобиль: Техника и экономика / Под ред. В.А. Щетины-Л.: Машиностроение, 1987. -253 с.

6. Арав Б.Л., Руднев В.В. Концепция экологически безопасной комбинированной энергетической установки городского автомобиля // Вестн. Рос. Акад. транспорта. – Вып. 5.- Курган: Изд-во КГУ, 2005.- С.112-114.

7. Руднев В.В. и др. Решение экологических проблем в городском транспорте применением комбинированных энергетических установок // Вестник КГТУ. Серия Транспорт. -Вып. 39. - Красноярск: Изд-во КГТУ, 2005.- С.192-195.

8. Кукис В.С. Утилизация теплоты отработавших газов как средство повышения мощностных, экономических и экологических показателей поршневых ДВС // Авиационно-космическая техника и технологии. - Вып 41/6. – Харьков: Изд-во ХАИ, 2003.-С.174-176.

9. Руднев В.В., Кукис В.С. Двигатель для утилизации теплоты отработавших газов // Тр. международного форума по проблемам науки, техники и образования.-Т.1.-М.: Академия наук о земле, 2000.- С. 56-57.

10. Арав Б.Л. Основные причины ухудшения топливной экономичности многоцелевых автомобилей в эксплуатации // Сборник докладов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004.

11. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. - М.: Транспорт, 1990.-135 с.

12. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств. – М.: Машиностроение, 1989. - 240 с.

13. Левенберг В.Д. Энергетические установки без топлива.- Л.: Судостроение, 1987. – 104 с.

14. Мани Л. Транспорт, энергетика и будущее. - М.: Мир, 1987. -160 с.