

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ АВТОТРАНСПОРТА: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Д.Т.Н. Фомин В.М., К.Т.Н. Гусаров В.В.

Московский политехнический университет, Москва, Россия

mixelichdm@mail.ru

Проводится анализ перспективного направления развития энергетических установок наземного транспорта. К настоящему времени с учетом наметившихся проблем истощения ресурсов нефти и экологической безопасности на транспорте в некоторых научно-популярных изданиях и в средствах массовой информации активно будирует идея о предстоящем переходе автотранспортной техники на электрическую тягу. Однако, по мнению подавляющего большинства авторитетных специалистов в области автомобилестроения, эта идея преждевременна и не имеет под собой серьезного научного обоснования.

В настоящее время существует большой исследованный потенциал замены нефтяного топлива альтернативными энергетическими продуктами, ресурсная база которых в ряде случаев значительно превышает традиционную сырьевую базу нефтяных топлив. Широкие возможности для решения проблемы, связанной с прогнозируемым истощением нефтяных ресурсов, заключены в использование природных газов (в первую очередь, метана) и растительного (биологического) сырья для производства моторного топлива. Развитие альтернативной энергетики повсеместно считается одним из перспективных путей решения проблем энергообеспечения как в сфере постоянно растущего энергопотребления в целом, так и в направлении перспективного развития энергетического баланса транспортного комплекса. Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что отечественный автомобильный транспорт гарантированно обеспечен моторным топливом на многие десятилетия.

Кроме того, бытующее мнение о высокой энергетической и экологической эффективности электрического автомобильного транспорта является по своей сути не однозначным и по целому ряду показателей электромобиль значительно уступает автомобилю с традиционным двигателем внутреннего сгорания. В данной статье на основе аргументированного анализа с привлечением мнения большого числа авторитетных специалистов мирового автомобилестроения доказывается справедливость такого утверждения.

Ключевые слова: автомобиль, электромобиль, моторное топливо, электроэнергия, топливные ресурсы, двигатель внутреннего сгорания, нефтяные топлива, биотопливо, метан.

Введение

Перспективность того или иного направления развития энергетических установок (ЭУ) наземного транспорта принято оценивать с учетом наличия потенциальных энергетических ресурсов и уровня экологического качества и эффективности используемых источников энергии. Причем зачастую итоговые результаты таких прогностических оценок весьма противоречивы не только по срокам реализации, но и по основополагающим характеристикам ЭУ.

Например, в некоторых популярных изданиях и в средствах массовой информации (СМИ) сообщается, что в ближайшее десятилетие из-за истощения нефтяных ресурсов будет осуществлена массовая замена автомобилей с двигателями внутреннего сгорания

(ДВС) электромобилями. При этом зачастую не рассматриваются возможности потенциальной замены нефтяного топлива альтернативными энергетическими продуктами, ресурсная база которых в ряде случаев значительно превышает традиционную сырьевую базу моторных топлив.

Бытующее мнение о высокой энергетической и экологической эффективности электрического автомобильного транспорта является по своей сути не однозначным и требует своего углубленного переосмысления.

Несмотря на очевидный прогресс в развитии автомобильного транспорта на электрической тяге, на сегодня этот вид транспорта все еще уступает по уровню энергетической эффективности автомобилям с ДВС. Если отследить весь уровень энергетических потерь (в системах ге-

нерирования и распределения электроэнергии, в зарядном устройстве, аккумуляторе, преобразователе, электроприводе), то становится очевидным, что до электромобиля доходит лишь незначительная часть энергии исходного энергоносителя (углеродного, углеводородного, ядерного или другого вида), используемого для получения электроэнергии на ТЭЦ, АЭС и других генерирующих предприятиях.

Также и в вопросе экологической эффективности электрического транспорта не все обстоит так радужно, как это пытаются представить его сторонники. В настоящее время в сфере национального энергообеспечения главенствующая роль принадлежит ТЭЦ, и при сжигании в них органических топлив образуется большое количество токсичных веществ, что обуславливает серьезную проблему загрязнения окружающей среды, требующей своего решения.

Ниже приведен обзор ресурсной базы альтернативных моторных топлив для двигателей наземного транспорта и анализ прогнозов авторитетных специалистов, на основе которого авторы делают вывод о том, что по крайней мере на ближайшие десятилетия поршневой двигатель в различных модификациях будет оставаться одной из основных ЭУ для большинства видов средств наземного транспорта.

Альтернативные виды моторных топлив

Рассмотрим сначала состояние отечественного топливно-энергетического баланса в транспортной сфере в контексте прогнозируемого истощения нефтяных ресурсов. В настоящее время в мире эксплуатируется около миллиарда автомобилей, и в большей части они оснащены ЭУ с ДВС, для которых основным видом топлива традиционно является нефтяное [1]. По прогнозам [2] максимальная добыча нефти в мире будет достигнута в 2020–2030 гг., после чего начнет падать. В официальных материалах Федерального агентства по недропользованию, изложенных в «Стратегии развития минерально сырьевой базы РФ до 2030 года», отмечается, что у России есть максимум 3–4 года, в течение которых добыча нефти сохранится на текущем уровне [3]. Учитывая постоянный рост национального автопарка, выход из этой ситуации очевиден – пополнять нехватки в топливно-энергетическом балансе страны альтернативными видами энергоносителей. К таковым может быть отнесен целый

ряд энергетических продуктов, которые могут быть эффективно использованы в качестве моторного топлива для ДВС.

Мировой опыт убедительно свидетельствует о том, что одним из наиболее перспективных заменителей жидкого нефтяного топлива являются природные газы, обладающие высокими теплофизическими, экологическими и эксплуатационными свойствами моторного топлива. Уже сегодня достаточно широко используется в качестве автомобильного топлива сжиженный углеводородный газ (СУГ), состоящий из смеси пропана (C_3H_8) и бутана (C_4H_{10}). Его технические характеристики регламентируются ГОСТом 52087. При нормальной температуре и давлении 1,6 МПа он переходит в жидкое состояние, что позволяет значительно упростить систему питания. Существует постоянно расширяющаяся сеть автомобильных газонаполнительных станций. Однако, СУГ можно рассматривать в качестве основной альтернативы нефтяному топливу только в рамках неотдаленной перспективы по той причине, что пропан-бутан является продуктом переработки нефти и нефтяного попутного газа и его ресурсы весьма ограничены.

Более перспективным топливом для ДВС автотранспортных средств (АТС) является сжатый (компримированный) природный газ (КПГ), состоящий в основном из метана (CH_4). Его технические характеристики регламентируются стандартом ГОСТ 27577-2000. В ЭУ современных АТС природный газ находит свое применение также и в сжиженном состоянии (СПГ), для чего он охлаждается до температуры порядка $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$. И хотя по своим эксплуатационным характеристикам система питания ДВС, конвертированная на использование КПГ (или СПГ), уступает СУГ (из-за более сложной конструкции), использование этого газа, является одним из ключевых решений топливной проблемы будущего транспорта. Известно, что ресурсы метана в земных недрах в несколько раз превышают ресурсы нефти. Согласно прогнозам добыча и потребление природного газа в ближайшие десятилетия будет только увеличиваться и к 2040 г. мировое потребление газа возрастет более чем в полтора раза: с 3,4 до 5,7 трлн m^3 [2]. По массе это сопоставимо с ежегодной добычей нефти (4,1 млрд т), а по теплосодержанию превосходит ее. К этому следует добавить, что наибольшая доля мировых ресурсов метана принадлежит РФ.

Вопросы расширения и использования газа в качестве моторного топлива включены в перечень поручений Президента РФ от 11.06.2013 № Пр-1298. Поэтому в «Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2020 года» предусмотрены первоочередные работы по переводу АТС именно на метан.

В настоящее время создана развитая сеть доставки газа от месторождений во многие регионы страны по отдельным магистралям, которые объединены в Единую систему газоснабжения России. С целью его расширенного энергетического применения на транспорте осуществляется широкая программа работ по конвертации транспортных двигателей для работы на метане и созданию новых моделей таких двигателей. Разработаны серийные ДВС, работающие по циклу Отто (с искровым зажиганием смеси), для отечественных грузовых автомобилей. Например, на Ярославском моторном заводе с 2016 г. начато производство 6-ти цилиндрового газового двигателя ЯМЗ-53604 CNG, предназначенного для установки на грузовые автомобили КамАЗ, МАЗ, «Урал». По энерго-экономическим показателям этот ДВС соответствует лучшим зарубежным образцам аналогичных моделей.

Существуют потенциальные возможности дальнейшего улучшения энергетических и экономических показателей газовых двигателей за счет реализации рабочего процесса с использованием цикла Миллера [4], а также путем переоборудования дизеля в двигатель с газодизельным процессом [5].

Заметим, что одной из главных причин замедленного роста парка АТС на метане в сфере российского транспорта является слабое развитие соответствующих объектов инфраструктуры: сети заправочных станций и сервиса.

Широкие возможности для решения проблемы, связанной с прогнозируемым истощением нефтяных ресурсов, заключены в использовании растительного (биологического) сырья для производства моторного топлива. Развитие альтернативной биоэнергетики повсеместно считается одним из перспективных путей решения проблем энергообеспечения как в сфере постоянно растущего энергопотребления в целом, так и в направлении перспективного развития энергетического баланса транспортного комплекса.

Весьма важно и то обстоятельство, что использование растительного сырья (биомассы)

в качестве источника моторного топлива способствует решению глобальной экологической проблемы. При сжигании традиционных углеводородных топлив в атмосферу выбрасывается большое количество двуокиси углерода. Ее накопление приводит к необратимым отрицательным процессам в биосфере, обусловленным так называемым парниковым эффектом. Использование биологического топлива позволяет сохранить баланс углекислого газа в атмосфере, так как выбросы при его сжигании сопоставимы с количеством углекислого газа, поглощаемого при выращивании растительного продукта в процессе фотосинтеза.

Применительно к ДВС с искровым зажиганием наиболее приемлемым является использование в качестве топлива спиртов, производимых из растительного сырья. Уже сейчас в целом ряде стран спирты находят массовое применение на транспорте в качестве добавок к бензину. Например, в Бразилии налажено ежегодное производство моторного этанола (C_2H_5OH) в объеме 912 млрд л. [6].

В России проведены все подготовительные работы по производству спиртосодержащего топлива из растительного сырья: в 2004 г. Госстандарт РФ утвердил ГОСТ Р 52201–2004 «Этанольное моторное топливо для автомобильных двигателей с принудительным зажиганием. Бензанола». По результатам испытаний, выполненных на ВАЗе и ОАО «ВНИИ НП», разработаны ТУ 38-401-58-244–99 и получено разрешение на производство такого топлива на ряде предприятий фирм «Лукойл» и «Нефтегаз».

Что касается альтернативного топлива из растительного сырья для транспортных дизелей, то его предпочтительно производить из растительных масел, что наряду с экономией нефтяных топлив обуславливает существенное улучшение экологические качества дизельных АТС. Масличное растение из всех имеющихся в распоряжении человечества солнечных энергетических источников, является наиболее энергоемким [7]. Оно на биологическом уровне эффективно решает проблему аккумуляции энергии в содержащих масло зернах. В энергетический оборот могут быть вовлечены многие виды масличных культур. В отличие от нефтепродуктов, растительное масло не токсично, не имеет неприятного запаха, не содержит сернистых соединений, являющихся причиной кислотных дождей.

Анализ показывает, что более предпочтительным вариантом для отечественного транспорта является использование в качестве моторного топлива масла, получаемого из рапса, технология выращивания которого наиболее адаптирована к почвенно-климатическим условиям России. Благодаря высокой урожайности рапса с 1 га посевов получают 1000...1500 л биологического топлива. Наличие в РФ больших почвенных площадей (часто пустующих) для посева рапса обуславливает практически неисчерпаемую сырьевую базу для производства экологически чистого моторного топлива.

Рапсовое масло в чистом виде может быть использовано в качестве самостоятельного топлива для дизелей. Но при этом требуется внесение серьезных изменений в конструкцию дизеля и его системы питания. Мировой опыт свидетельствует о том, что наиболее перспективным заменителем нефтяного топлива является не собственно рапсовое масло, а метиловый эфир рапсового масла (МЭРМ). Это топливо, полученное на основе химической переработки рапсового масла, очень близко по комплексу физико-химических и моторных свойств к дизельному топливу (табл. 1) и поэтому не требует ни серьезной модернизации дизеля, ни дублирования его системы питания [7].

В ряде стран уже разработаны стандарты на рапсовое масло, используемое для выработки моторного топлива дизелей: стандарт США ASTM D 6752-02, Европейский стандарт EU EN 14214 и др. Налажено крупнотоннажное производство такого топлива. Например, в Германии действуют более 90 заводов по производству топлива из рапсового масла, в США планируется перевести на такое топливо до 20 % всех дизельных ДВС; по прогнозам его

мировое производство к 2020 г. может составить 23 млн т. [8].

Как уже отмечалось, Россия по сравнению с зарубежными странами располагает большими возможностями по производству рапса. При этом заметим, что процесс получения биологического топлива из семян рапса сопровождается выработкой богатого белком кормового жмыха и глицерина – продуктов, востребованных в животноводстве и пищевой промышленности. С учетом этого возможна организация безотходного производства указанных продуктов, каждый из которых будет востребован на рынке, а себестоимость биологического топлива будет снижаться, приближаясь к нефтяному.

Одним из наиболее доступных и распространенных в природе заменителей нефтяных топлив является твердая биомасса. Твердая биомасса, например, древесина – древнейший источник энергии. Ее возобновляемая сырьевая база практически неисчерпаема. В настоящее время во многих странах проводится активный поиск возможностей использования местных источников энергии на основе твердой биомассы и разработке технологических систем для выработки из них моторных топлив [9].

Наиболее известны и технологически отработаны методы получения моторного топлива из твердой биомассы путем ее газификации. Работы по газификации твердых видов биомассы (в частности, древесины) и использованию целевых продуктов этого процесса в качестве моторного топлива начались в России еще в двадцатые годы прошлого столетия. К настоящему времени созданы опытные образцы газогенераторных систем, которые по результатам испытаний подтвердили возможность орга-

Таблица 1

Основные физико-химические показатели дизельного топлива и МЭРМ

Показатели	Дизельное топливо	МЭРМ
Плотность при 15 °С, кг/м ³	847	856
Поверхностное натяжение при $T = 323\text{K}$, Н/м	$25,3 \cdot 10^{-3}$	$29,2 \cdot 10^{-3}$
Нижняя теплота сгорания, МДж/кг	42,5	37,7
Цетановое число	45	48
Содержание серы, % масс.	0,250	0,005
Зольность, % масс.	0,025	0,008
Кинематическая вязкость при $T = 323\text{K}$, мм ² /с	2,11	4,25
Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива l_0 , кг	14,35	12,6

низации эффективного процесса газификации биомассы. Газообразные продукты, синтезированные из биомассы, могут использоваться в двигателях как в качестве основного топлива (газовый вариант двигателя), так и в качестве частичного заменителя жидкого углеводородного топлива (двигатели, работающие на двухкомпонентном топливе).

Применение на отечественных АТС продуктов газификации биомассы особенно актуально для регионов, обладающих на своей территории большими запасами растительной массы и имеющих сеть предприятий по переработке этой массы (древесина, отходы лесной и деревоперерабатывающей промышленности и т.д.). При этом данный вид источника энергии, относящийся к виду ежегодно возобновляемых энергоресурсов, позволяет для каждого региона, отдаленного от традиционных мест добычи и переработки нефти, создать устойчивую топливно-энергетическую базу, практически не зависящую от привозного углеводородного топлива. Использование продуктов газификации твердой биомассы в качестве моторного топлива способствует существенному улучшению экологических качеств ЭУ и экономии традиционного топлива как за счет его частичной замены, так и за счет повышения эффективности рабочего цикла двигателя.

Обобщая выше сказанное, можно констатировать, что одним из перспективных заменителей нефтяного топлива наряду с природным газом является биомасса. Аккумулирующая солнечную энергию биомасса является практически неограниченной сырьевой базой для получения экологически чистого моторного топлива для всех видов АТС.

На более отдаленную перспективу в большинстве прогнозов в качестве основного

энергоносителя автомобильного транспорта рассматривается водород [10–13], который является одним из самых распространенных на земле элементов. Энергоемкость (теплота сгорания) этого газа примерно в 3 раза превышает этот показатель для традиционных углеводородных топлив. Водород в сжатом или в криогенном состоянии может быть использован как газовое топливо для ДВС и как энергоноситель для автомобильных ЭУ на базе топливных элементов. В некоторых странах выпущены опытные партии автомобилей с ДВС на водороде и созданы специальные трассы, оснащенные заправками для их эксплуатации [11]. Однако в свободном виде водород практически отсутствует, и его массовое использование на транспорте связывают с дальнейшим развитием перспективных, наиболее рентабельных средств для его получения.

Оценка экономической рентабельности моторных топлив

Сравнительную оценку коммерческой стоимости традиционных и альтернативных видов топлива, учитывая их разные агрегатные состояния, теплоты сгорания и плотности целесообразно осуществлять в пересчете на стоимость единицы произведенной ими энергии. В таблице 2 приведены такие данные применительно к существующим (на апрель 2018 г.) рыночным ценам РФ.

Как видно, стоимость 1 МДж энергии, произведенной водородом, на порядок больше, чем для других топлив, и такое ценовое соотношение в целом характерно для топливных рынков всех стран. Необходимо отметить очевидную экономическую приоритетность газообразных видов топлива, для которых стоимость единицы энергии существенно ниже, чем для бензи-

Таблица 2

Энергоэкономические характеристики моторных топлив

	Топливо			
	Бензин	Метан	Пропан-бутан	Водород
Низшая теплота сгорания H_u , МДж/кг	44	50	46	120
Плотность ρ	0,725 кг/л*	0,710 кг/м³**	0,550 кг/л*	0,089 кг/м³**
Рыночная цена топлива	40 руб./л *	16 руб./м³**	20 руб./л *	120 руб./м³**
Цена единицы энергии топлива, руб./МДж	1,10	0,46	0,80	11,2
Цена единицы энергии топлива относительно бензина, %	100	42	73	1018

Примечание: * – топливо в жидком состоянии, ** – топливо в газообразном состоянии.

на. Наиболее рентабельным моторным топливом по ценовому критерию является метан.

Заметим, что, кроме рассмотренных выше альтернативных заменителей нефтяных топлив, существуют и другие, например, синтетическое жидкое топливо (СЖТ) с возможностью производства на базе угля, ресурсы которого обеспечены более чем на столетие; диметилэфир (ДМЭ), крупнотоннажное производство которого возможно на базе использования метана, и др. Однако по ряду причин, в основном экономического характера, ближайшая перспектива их массового применения в ДВС не столь вероятна, как у вышеуказанных.

Перспективы перехода наземного транспорта на электромобили

Рассмотрим проблемы, связанные с ожидаемым развитием АТС на электрической тяге (электромобилей), как альтернативы традиционным средствам с ДВС. Заметим, что под электромобилями здесь подразумеваются только силовые установки, не имеющие в своем составе ДВС, как это, например, имеет место в гибридных схемах. Повсеместно, в основном в рамках научно-популярной литературы и СМИ, дебатруется вопрос: «Электромобили как транспорт будущего – миф или реальность?»

Следует заметить, что электромобили нельзя рассматривать как новый продукт развития техники последнего времени. Исторически первые электромобили появились почти одновременно с автомобилями с ДВС. В ряде публикаций в СМИ обсуждается возможность осуществления полного перевода наземного транспорта на электромобили уже в течение одного – двух десятилетий [13]. Заметим в этой связи, что и 10 – и 20 лет назад в СМИ постоянно обсуждалась тема ускоренного перехода на электромобили. Детальный анализ свидетельствует о принципиальных трудностях в скорой реализации подобной идеи.

Одним из главных недостатков электромобиля является отсутствие аккумуляторной батареи с достаточно высокой энергоемкостью, малым весом и приемлемой ценой. Уже несколько десятилетий идут работы по созданию такой батареи и пока безуспешно. Сегодня по весогабаритным параметрам энергетическая установка на основе ДВС значительно превосходит ЭУ электромобиля.

Не имеет электромобиль преимуществ и по экологическим качествам. Анализ показал,

что при сложившейся структуре производства электроэнергии (по большей части на ТЭЦ) выброс вредных веществ в атмосферу при переходе на электромобили заметно возрастает. В частности, эксплуатация каждого электромобиля, потребляющего выработанную на ТЭС электроэнергию, будет косвенно связана с удельным выбросом более 120 г/км парникового газа – диоксида углерода (CO_2), что превышает существующие нормы Евро [14]. По оценкам ОАО РАО «ЕЭС России» в ближайшее десятилетие 66 % электроэнергии в нашей стране будет производиться прямым сжиганием топлива (в основном угля), 20 % производится с помощью АЭС, отходы которых весьма вредны. И лишь 14 % можно назвать экологически чистой энергией, производимой ГЭС, но что тоже наносит вред природной экологии, нарушая естественные границы водоемов, затопляя территории, уничтожая и меняя экосистемы региона.

Кроме того, существует проблема создания дополнительных электрических мощностей при массовом переходе на электромобили. Заметим, что суммарная мощность ДВС современных автомобилей многократно превышает мощность всех типов электростанций мира и глобальный переход на электромобили в обозримом будущем невозможен уже хотя бы по этой причине. Интересно в этой связи образное высказывание одного из ведущих ученых, президента НИЦ «Курчатовский институт» академика М. Ковальчука. На встрече с российскими и белорусскими журналистами он сказал: «Чтобы все автомобили, которые ездят по Земле, завтра перевести на электричество, надо будет утроить генерирующие мощности. Но это невозможно. А если вы все-таки это сделаете, то умрете от кислотных дождей, поскольку будете топить эти мощности углем. То есть заявления об улучшении экологии путем перехода на электромобили – это липа!» [15].

И хотя производство электромобилей в последние годы возрастает, их доля в общем производстве автомобилей весьма незначительна: 1,4 % в Китае, 1,2 % в Европе, 1,1 % в США, а их общее количество в мировом транспорте не превышает одного миллиона, что составляет примерно 0,1 % от числа автомобилей, оснащенных ДВС [13].

Нецелесообразность глобального перевода АТС на электромобили с учетом экономических и экологических аспектов показана в

ряде специальных исследований [16, 17, 18]. Более того, в перспективе целесообразно применение ДВС для средств наземного транспорта, где пока традиционно используется только электроэнергия трамваев и троллейбусов. Здесь применение ДВС в составе гибридных силовых установок нового типа (включающих электродвигатель), позволит исключить затраты на создание контактных сетей [19].

Таким образом, результаты всестороннего анализа проблемы развития автомобильного транспорта свидетельствуют о том, что ЭУ автомобиля будет в перспективе нескольких десятилетий обязательно включать ДВС. На это указывают и результаты научного анализа, выполненного рядом ведущих специалистов мирового автопрома [20], в список которых входят:

- Джемми Ланс, вице-президент «Дженерал Моторс»,
- Томохико Каванабе, президент исследовательского центра «Хонда»,
- Эрххард Шольц, член правления фирмы «Шкода ауто»,
- Ральф Шпет, генеральный директор фирмы «Ягуар-Ленд-Ровер»,
- Масата Кацумата, вице-президент фирмы «Тойота Мотор Европа»,
- Тошно Масуд, главный менеджер отдела перспективных разработок фирмы «Субару»,
- Хироюки Матсумото, вице-президент Европейского научно-технического центра фирмы «Мазда»,
- Пол Веландер, вице-президент по развитию «Вольво-Карс-корпорейшн».

Мнения этих ведущих специалистов по вопросу о «глобальных перспективах развития автомобильных двигателей» [20] совпадают с основными выводами авторов данной статьи.

Заключение

Результаты проведенного анализа перспективного направления по развитию энергетических установок наземного транспорта в свете состояния топливно-энергетического баланса и проблемы экологической безопасности транспортного комплекса России убедительно свидетельствуют о том, что силовые установки автотранспортных средств будут в перспективе нескольких десятилетий обязательно включать ДВС.

С учетом ограниченности мировых ресурсов нефти, являющейся в настоящее время основным сырьем для производства моторных

топлив для ДВС, ведется активный поиск возможностей использования альтернативных источников энергии – газообразных, биологических и др.

Некоторые из этих топлив уже широко используются в автомобильном транспорте, их потенциальный ресурс в ряде случаев значительно больше, чем у традиционных нефтяных топлив. Таким образом, автомобильный транспорт с ДВС гарантированно обеспечен моторным топливом на многие десятилетия.

Наиболее перспективным по экономическим и экологическим соображениям является расширенное применение природных газов, в первую очередь, метана. Поэтому в обозримом будущем автомобиль с двигателем, работающим на метане, может найти доминирующее применение в сфере транспортных технологий.

Именно такой прогноз развития национального автопрома является приоритетным, и Президент России В.В. Путин 08.04.2018 г. подтвердил это на совещании с правительством в Ново-Огарево [21]: «Мы должны больше и больше внимания уделять вопросам экологического характера и видим тенденции, которые в мировой экономике происходят, в том числе в автомобилестроении, имею в виду значительное увеличение использования электромобилей. Но для нашей страны, конечно, использование газомоторного топлива является даже более приоритетным».

Это указание Президента обуславливает перспективное направление развития автотранспортного комплекса России, которое предусматривает стимулирование работ по применению природного газа на автотранспорте за счет расширения сети заправочных станций, совершенствование приборов системы питания и рабочего процесса двигателя.

Литература

1. Подхалюзина В.А. Концепция интеграции российского автомобилестроения. // Автомобильная промышленность. 2017. № 9. С. 1–8.
2. Будущее глобальной энергетики. Режим доступа: <http://www.mirprognozov.ru/prognosis/economics/buduschee-globalnoy-energetiki>.
3. В России заканчивается нефть. Режим доступа: <https://avmalgin.livejournal.com/6886694.html>.
4. Фомин В.М., Гусаров В.В., Латышев А.П. Метод улучшения показателей работы газового двигателя, созданного на базе дизеля. // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 1. С. 49–55.

5. Luksho V.A. et al. Investigation of the working process and environmental performance of a dual-fuel gas engine // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2016. № 11. P. 12472–12479.
6. Шамонина А.В., Петрыкин А.А., Макаров В.В. и др. Спирты как добавки к бензинам // *Автомобильная промышленность*. 2005. № 8. С. 24–26.
7. Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. М.: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. 340 с.
8. Марков В.А., Гайворонский А.И., С.Н.Девянин. Рапсовое масло как альтернативное топливо для дизеля // *Автомобильная промышленность*. 2006. № 2. С. 1–3.
9. Bridgwater A.V., Peacocke G.V. Flash pyrolysis for biomass // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. N 4. 2000. P.p. 1–73.
10. Фомин В.М. Водородная энергетика автомобиля. Учебное пособие для вузов. М: МГТУ «МАМИ», 2011. 305 с.
11. Goltsov V.A., Veziroglu T.N. From hydrogen economy to hydrogen civilization // *Intern. J. Hydrogen Energy*. 2001. Vol.26. P. 909–915.
12. Дмитриев А. Л. Экономические и технические проблемы развития водородного транспорта с целью улучшения экологического состояния окружающей среды // *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology*. 2004. № 1 (9). С. 14–18.
13. Электромобили против авто с ДВС. Режим доступа: <http://ecotechnica.com.ua/stati/1921-elektromobili-protiv-avto-s-dvs-itogi-2016-i-perspektivy-2017.html>.
14. Почему электромобили не экологичнее обычных. Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/carandtravel/pochemu-elektromobili-ne-ekologichnee-obychnyh-5a8d07cbad0f229ba7b770c5>.
15. Аргументы и факты 28.03.2018. Режим доступа: http://www.aif.ru/society/science/mihail_kovalchuk_kurchatovskiy_institut_gotovit_novyy_vyzov_civilizacii.
16. Гасевский В.В., Одиноква И.В. Электромобиль против гибридного автомобиля // *Автомобильная промышленность*. 2017. № 9. С.10–13.
17. Хачиян А.С. Применение различных топлив и энергетических установок в автомобилях будущего // *Двигателестроение*. 2004. № 1. С. 49–55.
18. Кирилов Н.Г., Лазарев А.Н. Анализ перспективности различных видов альтернативных моторных топлив: сжиженный газ – моторное топливо 21 века // *Двигателестроение*. 2010. № 1. С. 26–33.
19. Хортов В.П., Скворцов А.А. Современный город: автобус, троллейбус или трамвай? // *Автомобильная промышленность*. 2015. № 11. С. 6–9.
20. За Рулем. 2011. № 04. Режим доступа: <https://www.zr.ru/archive/zr/2011/04>.
21. На совещании у президента обсуждали меры по стимулированию использования газа в качестве топлива для автомобилей. Режим доступа: https://www.1tv.ru/news/2018-04-18/344183-na_soveschaniy_u_prezidenta_obsudyat_mery_po_stimulirovaniyu_ispolzovaniya_gaza_v_kachestve_topliva_dlya_avtomobiley.

References

1. Podhalyuzina V.A. The concept of integration of the Russian automotive industry. *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2017. No 9, pp. 1–8 (in Russ.).
2. *Budushchee global'noj ehnergetiki* [The future of global energy]. URL: <http://www.mirprognozov.ru/prognosis/economics/budushee-globalnoy-energetiki>.
3. *V Rossii zakanchivaetsya neft'* [Oil runs out in Russia]. URL: <https://avmalgin.livejournal.com/6886694.html>.
4. Fomin V.M., Gusarov V.V., Latyshev A.P. The method of improving the performance of a gas engine created on the basis of a diesel engine. *Traktory i sel'hozmashiny*. 2017. No 1, pp. 49–55 (in Russ.).
5. Luksho V.A. et al. Investigation of the working process and environmental performance of a dual-fuel gas engine // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2016. № 11. P. 12472–12479.
6. SHamonina A.V., Petrykin A.A., Makarov V.V. i dr. Alcohols as an additive to gasoline. *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2005. No 8, pp. 24–26 (in Russ.).
7. Devyanin S.N., Markov V.A., Semenov V.G. *Rastitel'nye masla i topliva na ih osnove dlya dizel'nyh dvigatelej* [Vegetable oils and fuels based on them for diesel engines]. Moscow: Izdatel'skiy centr FGOU VPO MGAU Publ., 2008. 340 p.
8. Markov V.A., Gajvoronskiy A.I., S.N. Devyanin. Rapeseed oil as an alternative fuel for diesel. *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2006. No 2, pp. 1–3 (in Russ.).
9. Bridgwater A.V., Peacocke G.V. Flash pyrolysis for biomass // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. N 4. 2000. R.r. 1–73.
10. Fomin V.M. *Vodorodnaya ehnergetika avtomobilya* [Hydrogen power of vehicle]. Uchebnoe posobie dlya vuzov. Moscow: MGTU «MAMI» Publ., 2011. 305 p.

11. Goltsov V.A., Veziroglu T.N. From hydrogen economy to hydrogen civilization // Intern. J. Hydrogen Energy. 2001. Vol.26. P. 909–915.
12. Dmitriev A. L. Economic and technical problems of the development of hydrogen transport in order to improve the ecological state of the environment. *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology*. 2004. No 1 (9), pp. 14–18 (in Russ.).
13. *EHlektromobili protiv avto s DVS* [Electric automobiles against cars with ICE]. URL: <http://eco-technica.com.ua/stati/1921-elektromobili-protiv-avto-s-dvs-itogi-2016-i-perspektivy-2017.html>.
14. *Pochemu ehlektromobili ne ehkologichnee obychnyh* [Why electric vehicles are not environmentally friendly]. URL: <https://zen.yandex.ru/media/carandtravel/pochemu-elektromobili-ne-ekologichnee-obychnyh-5a8d07cbad0f229ba7b770c5>.
15. Argumenty i fakty 28.03.2018. URL: http://www.aif.ru/society/science/mihail_kovalchuk_kurchatovskiy_institut_gotovit_novyy_vyzov_civilizacii.
16. Gaevskij V.V., Odinkova I.V. Electric vehicle against hybrid automobile. *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2017. No 9, pp. 10–13 (in Russ.).
17. Hachiyani A.S. The use of various fuels and power plants in the vehicle of the future. *Dvigatelsestroenie*. 2004. No 1, pp. 49–55 (in Russ.).
18. Kirilov N.G., Lazarev A.N. Analysis of the prospects of various types of alternative motor fuels: liquefied gas - motor fuel of the 21st century. *Dvigatelsestroenie*. 2010. No 1, pp. 26–33 (in Russ.).
19. Hortov V.P., Skvorcov A.A. Modern city: bus, trolley bus or tram? *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2015. No 11, pp. 6-9 (in Russ.).
20. Za Rulyom. 2011. No 04. URL: <https://www.zr.ru/archive/zr/2011/04>.
21. Na soveshchani u prezidenta obsuzhdali mery po stimulirovaniyu ispol'zovaniya gaza v kachestve topliva dlya avtomobilej. URL: https://www.1tv.ru/news/2018-04-18/344183-na-soveshchani_u-prezidenta_obsudyat_mery_po_stimulirovaniyu_ispolzovaniya_gaza_v_kachestve_topliva_dlya_avtomobilej.

POWER PLANTS OF MOTOR TRANSPORT: DEVELOPMENT PROSPECTS

DSc in Engineering **V.M. Fomin**, Ph.D. **V.V. Gusarov**
 Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia
 mixalichdm@mail.ru

The analysis of the promising direction of development of energy installations of land transport is conducted. To date, in view of the emerging problems of depletion of oil resources and environmental safety in transport, in some popular science publications and in the media, the idea of the upcoming transition of motor vehicles to electric traction is actively awakening. However, in the opinion of the overwhelming majority of authoritative specialists in the automotive industry, this idea is premature and does not have a serious scientific substantiation. Currently, there is a large investigated potential of replacing oil with alternative energy products, the resource base of which, in some cases, significantly exceeds the traditional raw material base of oil fuels. Wide opportunities to solve the problem associated with the predicted depletion of oil resources are enclosed in the use of natural gases (primarily methane) and vegetable (biological) raw materials for the production of motor fuel. The development of alternative energy is universally considered one of the promising ways to solve the problems of energy supply, both in the field of constantly growing energy consumption in general, and in the direction of the future development of the energy balance of the transport complex. Thus, it is possible to assert with confidence that the domestic automobile transport is guaranteed to be provided with motor fuel for many decades. In addition, the current opinion about the high energy and environmental efficiency of electric motor transport is, in its essence, not unambiguous and for a number of indicators the electric vehicle is significantly inferior to a vehicle with a traditional internal combustion engine. In this article, on the basis of a reasoned analysis involving the opinions of a large number of authoritative specialists in the global automotive industry, this statement is proved.

Keywords: automobile, electric automobile, motor fuel, electric power, fuel resources, internal combustion engine, fuel oil, biofuel, methane.