

УДК 629.331

Р.Л. Петров

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОТРАНСПОРТА КАК ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ НА ГЛОБАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ

Исследовательский центр ОАО «АВТОВАЗ», г. Тольятти

Дан обзор энергетических и экологических проблем, связанных с развитием мирового автотранспортного сектора, анализируются современные и перспективные методы и решения по снижению расхода топлива и эмиссии CO₂ с применением методик оценки полного жизненного цикла. Сравняются и оцениваются перспективы применения альтернативных видов топлива в транспортном секторе.

Ключевые слова: потребление энергии, транспортный сектор, расход топлива, эмиссия CO₂, жизненный цикл.

Наиболее универсальным показателем для оценки глобального воздействия человечества на природу, необратимых изменений, которые происходят с окружающей средой, климатом планеты, ее биофлорой и биофауной, – можно считать количество произведенной и потребленной энергии. Мировое потребление первичной энергии – общее количество энергии, потребляемое человеческой цивилизацией; оно включает в себя всю энергию, извлекаемую из всех энергоресурсов и потребляемую человечеством во всех промышленных и потребительских секторах экономики в каждой стране. По данным компании BP [1], мировое потребление первичной энергии за последние десять лет продолжало линейно расти, увеличиваясь в год примерно на 2,5% (рис. 1), и эта тенденция еще сохранится на ближайшие годы в основном за счет роста экономик развивающихся стран.

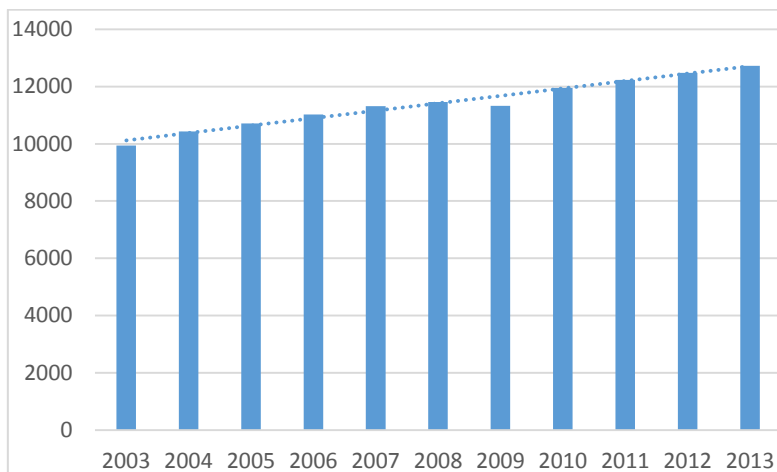


Рис. 1. Динамика мирового потребления первичной энергии в млн toe

Для целей сравнения различных видов топлива было введено понятие условного топлива. Условное топливо – это принятая единица учета любого топлива (нефти, ее производных, каменного угля, сланца, газа, торфа и др.), которая используется при расчетах полезного действия различных видов топлива на основе показателя – удельной теплоты сгорания топлива. Международное энергетическое агентство (IEA) приняло за единицу условного топлива – тонну нефтяного эквивалента, обычно обозначаемую аббревиатурой toe (англ. tonne of oil equivalent). Одна тонна нефтяного эквивалента равняется 41,87 ГДж или 11,63 МВт·ч. Цены на энергоносители продолжают расти, и данная тенденция, скорее всего, сохранится и в

будущем, учитывая, что запасы ископаемых ресурсов ограничены, а темпы их потребления очень значительны и в основном продолжают увеличиваться. Огромное потребление энергии, произведенной из разных источников, приводит к значительным экологическим воздействиям на планету, в том числе, загрязнения окружающей среды, изменения климата, нарушение баланса экосистем, необратимые изменения биоценоза и его способности к восстановлению при антропогенном воздействии. Постараться изменить существующую ситуацию, сократить глобальную техногенную эмиссию парниковых газов (ПГ) и других токсичных веществ без существенного ограничения для уровня жизни и норм потребления – насущная задача сегодняшнего дня и ближайших десятилетий.

В аналитических исследованиях часто используется сравнение потенциала установленного мирового запаса невозобновляемого ресурса с данными ежегодных объемов его добычи для определения периода – на сколько лет хватит того или иного ресурса. Согласно применяемой в мире методике линейной оценки истощения ресурсов, предполагается, что имеющийся на сегодня уровень добычи ресурсов сохранится и в последующие годы, а период времени (в годах) полного истощения ресурса рассчитывается как запасы/добыча. По данным компании BP [1], шесть крупнейших производителей нефти – Саудовская Аравия, РФ, США, Китай, Канада и Иран – производят более половины ежегодной мировой добычи нефти, а оценочные запасы нефти во всем мире на начало 2014 г. составили 1687 млрд баррелей; и при мировой добыче в 86,8 млн баррелей в день (около 31,5 млрд баррелей в год) полное истощение ресурса произойдет за 53 года (табл. 1).

Таблица 1

Годовая добыча нефти в крупнейших странах производителях нефти в 2013 г. и имеющиеся у них доказанные запасы (время истощения ресурса – запасы/добыча)

Страны	Производство в 2013 г.		Запасы в 2013 г.	
	тыс. баррелей в день	%	в млрд баррелей	лет
Саудовская Аравия	11525	13,1	265	63
РФ	10788	12,9	93	23
США	10003	10,8	44	12
Китай	4180	5,0	18	11
Канада	3948	4,7	174	>100
Иран	3558	4,0	157	95
Итого 6 стран:	44002	50,5	751	
Всего в мире:	86808	100	1687	53

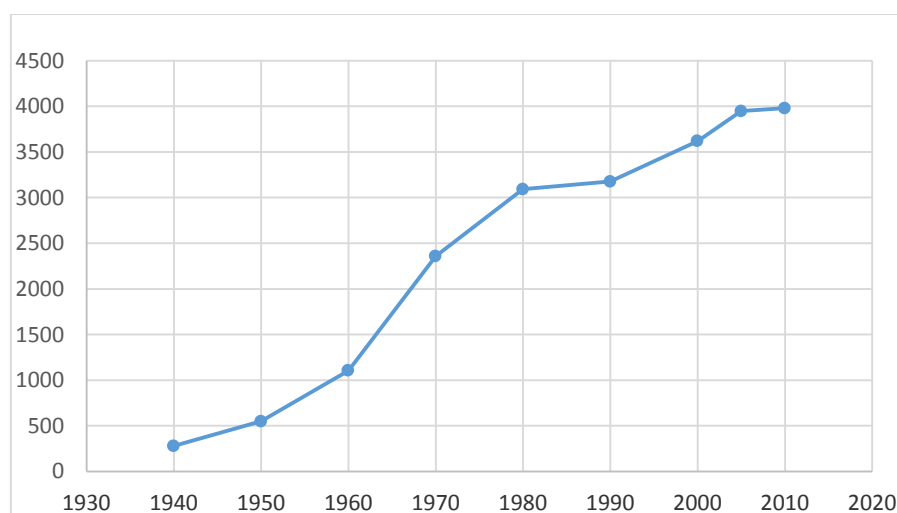


Рис. 2. Мировая добыча нефти, млн т в год

Также можно совершенно уверенно отметить, что темпы роста объемов добычи нефти после 2006 г. существенно сократились, и в будущем достигнутый мировой уровень добычи нефти или останется примерно на текущем уровне или начнет постепенно сокращаться. Динамика мировой добычи нефти за последние 70 лет, по данным компании BP, [1] показана на рис. 2.

Количество транспортных средств во всем мире стремительно растет, т.е. растет их воздействие на окружающую среду и потребление ими ресурсов и энергии, несмотря на то, что с каждым годом новые транспортные средства становятся экологически безопаснее и энергетически эффективнее. В то время как многие другие сектора промышленности оказались в состоянии стабилизировать или сократить эмиссию CO₂, применяя новые технологии, методы и процессы, выбросы углекислого газа, связанные с транспортными перевозками, увеличились как в относительном (доля в суммарных антропогенных выбросах), так и абсолютном выражении. Транспортный сектор (автомобильный, железнодорожный, морской, авиация) является крупнейшим потребителем нефтепродуктов – 63% от всего мирового потребления нефти в 2011 г. [2]. И хотя доля дорожного транспорта в транспортном секторе в каждой стране различна, доминирующую нагрузку на природу за счет эмиссий и потребления топлива оказывает именно автомобильный транспорт.

В то время как общее конечное потребление энергии в 2011 г. в мировом промышленном секторе, по данным IEA [2], составило 2 556 млн toe, а в транспортном секторе – 2 445 млн toe (их доли почти равны), только 12% потребления энергии в промышленном секторе осуществляется из нефтепродуктов, тогда как транспортный сектор практически полностью зависит от топлив, полученных из сырой нефти, и сталкивается со многими проблемами, в том числе энергетического и экологического характера. И хотя использование альтернативных видов топлив (например, природного газа и биотоплива) значительно возросло за последние два десятилетия, нефтепродукты составляли 93% всех видов транспортного топлива в 2011 г., в то время как доля природного газа составила 3,8%, биотоплива – 2,4%, электричества – около 1%. Глобальное потребление нефти в мировом транспортном секторе составило [2]:

- в 1990 г. - 1485 млн toe;
- в 2000 г. - 1868 млн toe;
- в 2010 г. - 2265 млн toe.

Во всем мире на дорогах эксплуатируется уже более 1 млрд автотранспортных средств (АТС), большая часть из которых легковые автомобили (л/а). Вместе с десятками миллионов грузовых автомобилей и автобусов автомобильный парк мира выделяет в атмосферу гигантское количество диоксида углерода (CO₂) – парникового газа, общепризнанно влияющего на глобальное изменение климата на планете. И хотя точное значение годовой эмиссии CO₂, выделяемой всем автомобильным парком мира, рассчитать не представляется возможным, приблизительную оценку объемов сделать можно. Принимая в расчетах среднюю эмиссию CO₂ на одно АТС в 200 г/км, средний годовой пробег в 15 тыс. км и парк АТС в 1 млрд единиц, – получим 3 т CO₂ в год на каждое АТС и 3 млрд т (Гт) в год для всего парка. Многие страны уже имеют стратегические цели и устанавливают нормативные требования по ограничению эмиссии CO₂ для новых автомобилей, и это дает свои плоды. В первую очередь следует отметить целеустремленные действия, принятые в Европейском союзе, где на сегодняшний день уже 20 стран-членов ЕС применяют способы налогообложения автомобилей, учитывающие эмиссию CO₂ (таких стран в 2010 г. в ЕС было только 17).

На примере Германии можно рассмотреть основные тенденции, сложившиеся в Европе и мире в автомобильном секторе за последние годы. На транспортный сектор в стране приходится значительная часть всех антропогенных выбросов парниковых газов. По данным VDA (Немецкая ассоциация производителей автомобилей), в 2009 г. в Германии на транспортный сектор пришлось 153 млн т парниковых газов (в CO₂-эквиваленте) – это 17% от общей техногенной эмиссии CO₂ в Германии – в 920 млн т. Из них 146 млн т CO₂, или

95% от всех выбросов в транспортном секторе, – относятся к сектору автомобильных перевозок [3]. Поэтому автомобильный сектор является ключевым для направления усилий по сокращению выбросов парниковых газов. Динамика сокращения средней эмиссии CO₂ для парка новых л/а, произведенных автомобильной промышленностью Германии за последние годы, приведена на рис. 3. Очевидным фактом является то, что достижение снижения расхода топлива и эмиссии CO₂ становится все менее динамичным за последние годы, так как прогресс технологий и усовершенствований не может быть просто экстраполирован по прямой линии на достаточно большой период времени. Все более сложные технологии и дорогостоящие мероприятия требуются для достижения дальнейших целей снижения эмиссии CO₂ для л/а. Эта тенденция отчетливо прослеживается в 2012 г., когда производители не смогли повторить заметное сокращение средней эмиссии CO₂ в 3,8% в 2011 г., а в 2013 г. годовое сокращение было всего 0,77%.

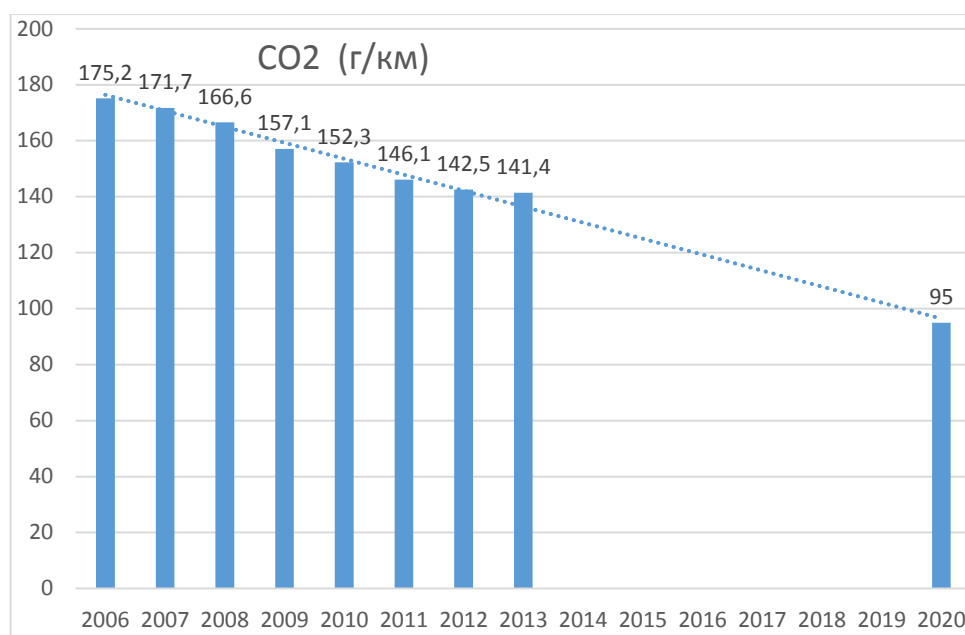


Рис. 3. Средняя эмиссия CO₂ (г/км) для новых л/а, произведенных промышленностью Германии (пунктир – достижение планируемой в ЕС цели в 95 г/км для 2020 г.)

Учитывая глобальные объемы расхода энергии человечеством, значительную долю, которую занимает автотранспортный сектор в мировом потреблении энергии и ресурсов, современная ситуация требует комплексного подхода к решению связанных с этим проблем. Одним из актуальных и перспективных направлений является значительно большая диверсификация применяемых в транспорте видов топлива. И хотя нефть останется на ближайшие годы доминирующим источником энергии в транспортном секторе, однако очень важным является анализ развития ситуации в будущем с учетом увеличения применения альтернативных видов топлив, имеющих хорошие экологические и экономические перспективы.

При планировании стратегических решений в отношении применения транспорта в ближайшей перспективе странам очень важно эффективно использовать методологии сравнительного анализа по оценке полного жизненного цикла – Life-cycle assessment (LCA), с учетом проведения всего экобаланса составляющих процессов. В первую очередь различные виды топлива сопоставляются между собой по их удельной теплоте сгорания, показывающей, какое количество теплоты выделяется при полном сгорании топлива массой 1 кг (рис. 4). Чем больше удельная теплота сгорания топлива, тем меньше удельный расход топлива при той же величине коэффициента полезного действия (КПД) двигателя и прочих равных условиях.

При сопоставлении автомобилей, работающих на разных видах топлива, оценка делается не только для энергетической эффективности двигателя (КПД) и привода крутящего момента на колеса автомобиля, но также анализируется полный жизненный цикл и для топлива.

Так называемый WTW-анализ (англ. well-to-wheel) подразумевает полную оценку экобаланса, произведенную по всем основным и сопутствующим процессам, трансформирующим энергию от скважины (места природного нахождения первичного энергоресурса) до колес автомобиля, создающих его движение, включая этапы производства, переработки и доставки топлива. То есть такой анализ включает в себя оценку общей эмиссии ПГ в атмосферу, рассчитанной в граммах (в CO₂-эквиваленте) на 1 МДж конечной энергии, которая образуется в результате потребления топлива в двигателе конкретного транспортного средства определенного вида с учетом всей цепи движения топлива («от скважины до колеса»). Обычно такой анализ состоит из двух частей, когда сначала делают расчеты суммы всех выбросов, которые являются результатом транспортирования конкретного объема первичного энергоресурса от места его добычи до наливной горловины топливного бака автомобиля (англ. well-to-tank (WTT) – «от скважины до бака»). Затем анализируются все выбросы, образующиеся при потреблении топлива для движения автомобиля (англ. tank-to-wheel (TTW) – «от бака до колеса»). В то время как выбросы TTW зависят исключительно от соответствующих характеристик двигателя и трансмиссии транспортного средства, выбросы WTT отличаются в зависимости от типа топлива, процессов его добычи и переработки, параметров и расстояния транспортировки от первичного источника энергии. Общий баланс WTW эмиссии складывается из WTT и TTW эмиссий.

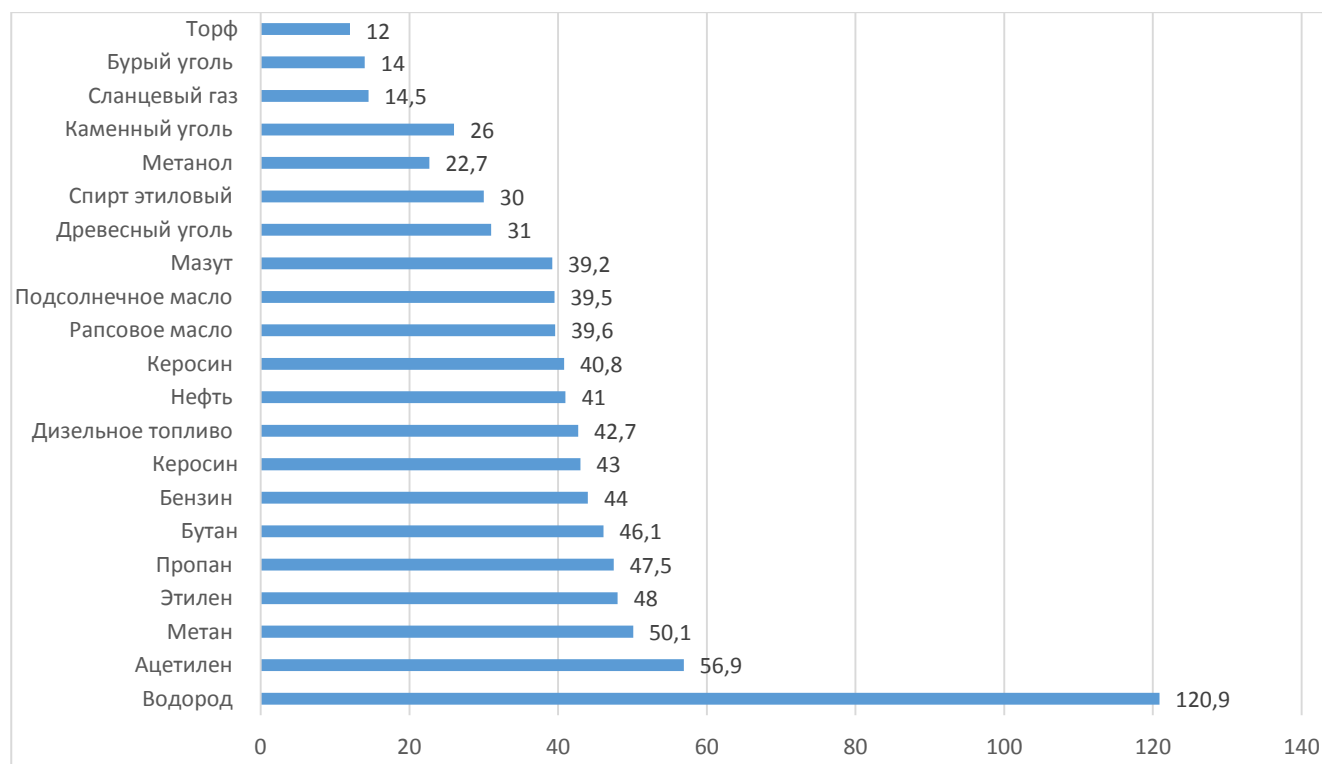


Рис. 4. Удельная теплота сгорания веществ в воздухе, МДж/кг

Проведение сравнительных анализов для полного количества выбросов вредных веществ на протяжении всего цикла производства и потребления топлив (WTW-анализ) как для традиционных топлив и ДВС, так и для альтернативных видов топлива и технологий силовых передач является важным информационным аргументом в случае внедрения нового типа силового агрегата, использующего новый вид топлива. Это должно стать нормой при про-

ведении обоснованного сопоставления альтернативных видов топлив, включая электроэнергию, водород, биотоплива, с традиционными топливами ископаемого происхождения.

В настоящее время экспертами в области развития автомобилестроения признано, что в обозримом будущем двигатель внутреннего сгорания останется доминирующим в транспортном секторе, а другие альтернативные варианты будут постепенно развиваться в автомобильной промышленности. Европейские показатели новых регистраций электромобилей показывают неплохую динамику в течение последних нескольких лет, однако абсолютные цифры далеко не впечатляют. Чисто электрических транспортных средств (электромобилей) было зарегистрировано в ЕС в 2010 г. – 1 064, в 2011 г. – 9 132, в 2012 г. – 27 400 единиц [4]. Достаточно хорошо известные и широко обсуждаемые достоинства и недостатки электрических транспортных средств многократно сравниваются под разными углами зрения и дискутируются. Недостатками электромобилей являются: высокая цена, небольшой пробег без подзарядки, необходимость часто заряжать аккумуляторы, небольшой срок службы аккумуляторов и проблемы с их утилизацией, а достоинством – малозумные и не загрязняют воздух в городах (хотя для выработки и транспортировки электроэнергии приходится загрязнять атмосферу).

С точки зрения ТТW-анализа электрические транспортные средства значительно более эффективные средства для обеспечения движения. Тем не менее, сокращение выбросов CO₂ и других ПГ будет эффективно только при условии, если будет обеспечен низкий уровень эмиссий и экологического воздействия на всех этапах топливно-энергетической цепи WTW. Поэтому источник электроэнергии, которая будет применяться для зарядки электрических транспортных средств, имеет решающее значение. Значительные выбросы CO₂ могут быть созданы в процессах производства энергии. И проведенные расчеты могут различаться в зависимости от реальных поставщиков энергетической энергии и транспортной логистики. На практике это означает, что один и тот же автомобиль будет иметь разные выбросы ПГ при WTW-анализе в зависимости от страны, региона, локальных тарифов, других факторов окружающей среды и энергетического баланса. Например, в Европе для данных расчетов часто используют усредненные данные для Евросоюза, в том числе по эффективности и экологичности производства электроэнергии (EU-mix). Более 70% угольных электростанций Европейского Союза имеют возраст более 20 лет и работают с эффективностью 30-40%. Новые технологические разработки позволили повысить эффективность до уровня 40-45% в новых угольных ТЭЦ, а новое поколение газовых ТЭЦ достигает значительно более высокой эффективности в 50-55%. Однако самым распространенным топливом для ТЭЦ в Европе все еще остается уголь, а энергоэффективность (КПД) существующих в ЕС электростанций составляет в среднем менее 40%.

Поскольку технологии электромобилей все еще развиваются, они по-прежнему стоят очень дорого. В настоящее время электрический автомобиль стоит в 2-3 раза дороже сопоставимого обычного автомобиля с ДВС. Хороший диапазон движения для электромобиля в 130-150 км пробега до подзарядки требует потребления электроэнергии около 20kWh для автомобиля компактного класса. В настоящее время стоимость тяговой системы на основе литий-ионных батарей составляет около 600–800 € за один kWh запасенной энергии. Отсюда следует, что только расходы на батареи для электромобилей в зависимости от их размера добавляют 12 000–16 000 € к стоимости автомобиля [2, 3, 4]. Кроме того, у электромобилей есть еще дополнительные компоненты, требующие расходов по сравнению с традиционными автомобилями с ДВС. К ним относятся новые компоненты силовой электроники, проводов и охлаждения, которые не являются необходимыми для обычных л/а. Все эти дополнительные компоненты имеют значительное влияние на общий объем, вес и стоимость электромобилей. Также, несмотря на значительный прогресс, достигнутый в увеличении объема содержания энергии по отношению к объему и весу современной аккумуляторной батареи, удельная плотность энергии остается примерно в 100 раз ниже, чем у топлива для ДВС.

Стоимость эксплуатации электромобилей, рассчитанная на основе €/км пути, как правило, значительно дешевле в сравнении с обычным л/а с ДВС. Этот показатель рассчитывается сравнением текущих цен на электроэнергию и бензин или дизельное топливо. Однако следует подчеркнуть, что во многих странах ЕС цена на бензин и дизельное топливо во многом зависит от налогообложения, которое в настоящее время не применяется к электроэнергии. Например, можно подсчитать для России, что при цене в 32,5 руб. за литр бензина, имеющего удельную энергию 44 МДж/кг и плотность 0,71 кг/л, потребитель автомобиля с ДВС получает энергию в 0,96 МДж на каждый потраченный рубль. А потребитель электромобиля, оплачивая 1,07 руб. за 1 кВт·час по ночному тарифу имеет 3,36 МДж/руб., то есть платит за единицу энергии в 3,5 раза меньше. Поэтому в оценке общей стоимости владения л/а есть очень много различных нюансов и тарифных и политических составляющих, и эти многочисленные факторы могут легко меняться в будущем.

Электромобили с трудом нашли бы свое место на коммерческих рынках мира, если бы не специально принятые в некоторых странах меры, стимулирующие развитие л/а с низкой или нулевой эмиссией ПГ. Например, около десятка национальных правительств стран-членов ЕС ввели специальные стимулы для покупки электромобилей. Такие меры в основном состоят из снижения налогов и применения льгот, а также премиальных выплат для покупателей электромобилей. Хотя фискальные меры являются важным инструментом в формировании потребительского спроса в сторону экономичных автомобилей, однако, экологические результаты от таких налоговых стимулов могут отрицательно влиять на развитие промышленности и технологий, создавая несправедливую конкуренцию. Например, многочисленные индустриальные союзы ЕС настоятельно призывают правительства стран ЕС применять гармонизированный подход для схем налогообложения автомобилей, который бы являлся нейтральным в отношении применяемых технологий, например, на основе схемы CO₂, учитывающей выделения ПГ в полном процессе well-to-wheel [3, 4].

В табл. 2 приведены результаты WTW-анализа, полученные Европейским объединенным исследовательским центром с ориентацией на усредненные значения для ЕС [5]. Из данной таблицы видно, что применение электроэнергии или водорода в качестве энергетического ресурса, обеспечивающего движение автомобилей, не только не имеет преимуществ перед газовым топливом, но также и перед традиционными – дизелем и бензином. При более значительном увеличении доли гидроэнергетики или альтернативных видов электроэнергетики, использующих энергию солнца, ветра, волн, приливов и др., результаты WTW-анализа для электромобилей и л/а, работающих на водороде, могут в будущем улучшиться. Поэтому конечной целью для развития применения электромобилей должно стать использование для них электроэнергии, произведенной только из возобновляемых источников и ресурсов.

Таблица 2
Эмиссия ПГ (в граммах CO₂-экв./МДж) по оценке WTW для автомобилей, применяющих различные виды топлив

Топливо	Well-to-wheel
Бензин	84
Дизель	90
Природный газ	66
Сжиженный нефтяной газ	73
Водород	113
Биометан	17
Биодизель	34
Электрическая энергия	156

Близки к электромобилям и автомобили с водородным двигателем. Водород можно получать из воды электролизом, другим современным способом получения водорода являет-

ся преобразование из природного газа. Водород имеет очень высокую удельную теплоту сгорания, обеспечивая тем самым высокий КПД двигателя. Автомобили с водородными двигателями также, как и электромобили, при эксплуатации не загрязняют атмосферу. Недостатком водородных двигателей является необходимость огромного топливного бака, так как водород очень легкий газ. На сегодняшний день удовлетворить в полной мере потребности человечества водородная энергетика не в состоянии из-за дороговизны производства чистого водорода и технических проблем его транспортировки. Кроме того, как уже упоминалось, при производстве электроэнергии современными способами выделяется значительное количество ПГ и других вредных эмиссий. При отсутствии энергетически эффективного способа получения водорода его массовое применение для транспортных средств представляется пока совершенно неоправданным. Это в полной мере относится и к автомобилям на топливных элементах, использующих в качестве топлива водород.

Гибридными автомобилями (гибридами) называют транспортное средство с комбинированной энергетической установкой (КЭУ), то есть имеющее в своем составе два или более разных преобразователя энергии, а также системы их аккумуляирования. Как правило, это ДВС и тяговый электропривод. В последние годы производство и продажа гибридов переживают значительный рост (рис. 5) [2, 3]. Компания Toyota начала серийное производство гибридов еще в 1997 г. По итогам 2006 г. всем мире было продано более полумиллиона только модели Toyota Prius, а к 2009 г. общее число произведенных гибридов модели Prius уже превышало 2 млн единиц.

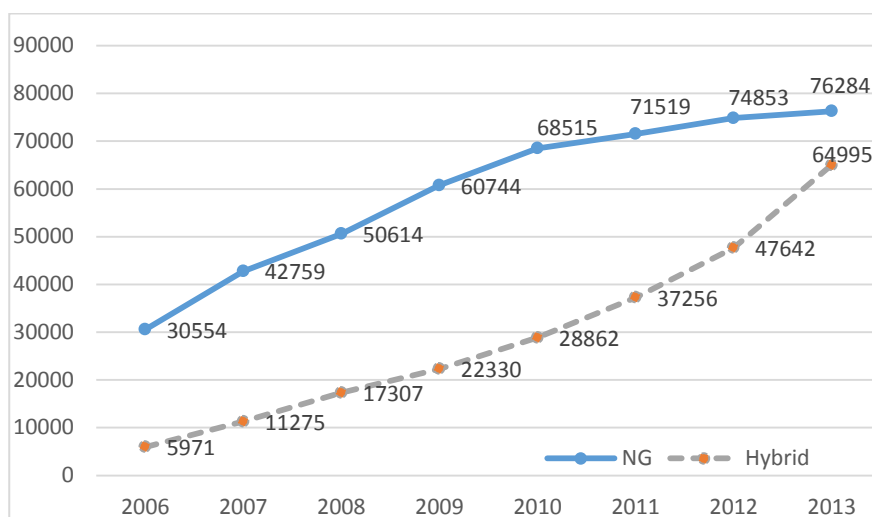


Рис. 5. Динамика роста в Германии парка гибридных легковых автомобилей и на природном газе

В очень многих технических источниках, каталогах и СМИ утверждается, что гибриды имеют значительные преимущества по эмиссии CO₂ и расходу топлива по сравнению с традиционными л/а. Приводятся цифры о 15-40% улучшении данных показателей. Считается, что это достигается благодаря оптимизации эксплуатационных режимов двигателя, применению ДВС меньшей мощности, рекуперативному торможению, дополнительному увеличению момента, своевременному отключению ДВС во время остановок в транспортном потоке. Однако при более детальном рассмотрении ситуации реальные факты выглядят несколько иначе.

Если на первой фазе развития гибридов были конкурентные попытки развивать как последовательную схему компоновки, когда автомобиль приводится в движение от электродвигателя, а ДВС соединен только с генератором, который в свою очередь питает электродвигатель и заряжает аккумуляторную батарею, так и параллельную схему, когда электродвигатель и ДВС могут приводить л/а в движение как самостоятельно, так и совместно, то в

последние годы ситуация сильно изменилась. Новое Приложение 8 к Правилам № 101 ЕЭК ООН (UNECE), где описывается методика испытаний гибридных транспортных средств и расчетов выбросов CO₂, предоставила существенные преимущества параллельной схеме компоновки гибрида с возможностью подключения к электросети. Такой автомобиль называется на английском Plug-in hybrid electric vehicle (PHEV). То есть машину можно использовать как электромобиль большую часть пути, а когда заряд падает ниже определенного уровня, включается небольшой бензиновый или дизельный двигатель, и тогда автомобиль едет дальше как последовательный гибрид. Подразумевается, что зарядка электроэнергии будет происходить в основном ночью, когда она стоит дешевле. Модифицированные Правила позволяют для оценки токсичности и эмиссии CO₂ в гибридах PHEV применить новую процедуру, состоящую из двух отдельных испытаний (так называемые условие А и условие В):

1) условие А – испытание по ездовым циклам NEDC (Евроцикл) проводят с полностью заряженной батареей. Функциональные характеристики автомобиля измеряются в данном режиме. Значение M1 соответствует массе выбросов CO₂ на километр при данном испытании.

2) условие В – испытание проводят с минимальной степенью заряда батареи (максимально разряженной). Функциональные характеристики автомобиля измеряются в данном режиме. Значение M2 соответствует массе выбросов CO₂ на километр при данном испытании.

По обычной методике замера километража замеряют пройденное расстояние, которое PHEV смог пройти только от питания максимально заряженной батареи, обозначают как *D_{ovc}* - запас хода на электротяге подключаемого гибрида (км). Окончательное значение CO₂ (г/км) рассчитывают как среднее значение:

$$M = \frac{(M_1 D_{ovc} + M_2 D_{av})}{D_{ovc} + D_{av}}, \text{ где } D_{av} = 25 \text{ км (директивно установленное значение для}$$

предполагаемого расстояния между подзарядками).

То есть, согласно большинству мировых стандартов измерения, включая ЕС, измеряемые выбросы CO₂ не учитывают энергию, полученную от электросети, поэтому значительное снижение выбросов CO₂ получают за счет использования режима, в котором значительную часть ездового цикла гибрид просто двигается только за счет электромотора с выключенным ДВС. Это, конечно, противоречит методикам оценки полного жизненного цикла, тем не менее, признано законным. Поэтому можно считать, что основные показатели экологического улучшения, сокращения эмиссии парниковых газов и расхода топлива для гибридных автомобилей PHEV во многом объясняются применяемой методикой их оценки. Реальные же (правдивые) значения, которые могут быть фактически получены для PHEV, применяя в испытаниях только условие В, показывают, что никакого преимущества нет; значения на 20-40% больше, чем расчетные («бумажные») средние значения, а возможная экономия, получаемая рекуперативным торможением и «оптимизацией эксплуатационных режимов двигателя», полностью съедается увеличением массы автомобиля за счет большой батареи. Также следует отметить, что именно для увеличения *D_{ovc}* - запаса хода на электротяге подключаемого гибрида – в PHEV применяют более значительную емкость (и массу) батареи, так как это позволяет улучшить расчетные показатели экобезопасности, используя режим электромотора по максимуму. Поэтому в последнее время на рынке практически невозможно найти моделей гибридов с последовательной схемой компоновки, зато максимально число PHEV.

Авторитетный немецкий журнал AutoBild провел недавно свои тесты более чем 100 различных моделей автомобилей [6]. Результаты шокируют: современные автомобили потребляют намного больше топлива, чем указано в рекламных проспектах производителей. Методика тестирования была следующей: каждый автомобиль проходил дистанцию в 160 км, которая состояла из городского и загородного участков, а также отрезка по автобану. Соблюдались следующие скоростные режимы: в городе – 50 км/ч, за городом – 100 км/ч, на автобане – около 120 км/ч. В задачу теста входило воспроизведение наиболее реальных условий каждодневной эксплуатации. До начала заезда и после его окончания топливный

бак автомобилей заполнялся полностью, таким образом определялось количество израсходованного топлива. Все гибриды, протестированные данным образом, показали очень существенное превышение от заявленных значений. Например, Toyota Prius - на 37%, Honda Civic Hybrid – на 44%, Lexus RX – на 48%, а Opel Ampera даже на 225%. Opel Ampera (выбран автомобилем 2012 г. в Европе) указывал официальный расход 1,6 л/100 км (по расчетам производителя машина должна проехать 60 км без ДВС, а на оставшиеся 40 км потратить всего 1,6 л бензина). Но протяженность испытательного трека Autobild была 160 км. Уже через 40 км аккумуляторы Ampera были истощены, и остальную часть пути л/а работал как последовательный гибрид с расходом топлива свыше 6 л на 100 км.

Многочисленные исследования и оценки по полному жизненному циклу, в том числе результаты WTW-анализов, проведенные многими научными организациями мира [2, 3, 4, 7], сводятся к заключению, что для достижения значительного сокращения выбросов ПГ и гибриды PHEVs, и электромобили должны иметь подзарядку от электрогенерации с большой долей возобновляемых (неископаемых) источников производства электроэнергии, иначе реальных экологических преимуществ от их использования практически нет.

Применение природного газа в качестве автомобильного топлива позволяет на 15-30% уменьшить выбросы ПГ на единицу произведенной энергии по сравнению с автомобилем на дизельном топливе или бензине. По данным IEA, во всем мире сейчас эксплуатируется около 17 млн АТС на природном газе (NGV). В 2009 г. их было в мире только 11 млн единиц (в девять раз больше, чем в 2000 г., когда их было около 1,2 млн). Из них 1,3 млн эксплуатировались в странах ЕС, в то время как только в Пакистане (имеет самый большой NGV парк в мире) их было 2,3 млн и более 3000 станций заправки природным газом [2]. Согласно прогнозам IEA, самые быстрые темпы роста использования природного газа будут в дорожном транспортном секторе, также очень существенные темпы роста прогнозируются для спроса на все виды биотоплива. Рост мирового парка газобаллонного автотранспорта составит к 2020 г. 50 млн единиц, а к 2030 г. – более 100 млн единиц [2]. Биометан может выступать в качестве дополнения или замены природного газа, таким образом, может представлять реальный стратегический ресурс для обеспечения «устойчивой мобильности» в ближайшие десятилетия. Уже имеющиеся в наличии мощности биометана в странах ЕС составляют около 700 МВт в энергетическом эквиваленте. Десятки заводов в Германии производят биометан в результате обработки биогаза и повышая концентрацию метана с 40-60% в сыром биогазе до более 90%.

Политика и законодательные инициативы многих стран будут способствовать развитию транспорта на альтернативном топливе. На сегодняшний день многие мировые автопроизводители осуществляют серийный выпуск автомобилей, использующих природный газ и биотоплива. Такое бурное развитие этого направления совершенно оправдано – в настоящее время из всех массово используемых моторных топлив и технологий природный газ обеспечивает наиболее эффективное снижение эмиссии CO₂ и сокращение опасных выбросов отработавших газов автотранспорта, позволяя снизить в несколько раз выбросы вредных веществ по сравнению с бензином и дизельным топливом.

Транспортный сектор в настоящее время является глобальным фактором истощения мировых невозобновляемых ресурсов и формирования источников загрязнения планеты и изменения ее климата. Это необходимо учитывать всем автомобилестроительным компаниям, оценивающим перспективы дальнейшего развития мирового рынка АТС и выбирающим свои стратегические направления среди альтернативных вариантов экологически безопасных и энергетически эффективных будущих транспортных средств. Можно сказать, что глобальный мировой автопром и его ведущие автомобилестроительные компании стоят сейчас на развилке дальнейшего пути развития дорожной мобильности, когда еще не до конца понят-

но, какое конкретное направление сумеет существенно вырваться вперед, опередив при этом все остальные. У всех из них пока имеются серьезные шансы на успех в будущей конкурентной борьбе. Однако немаловажную роль в разрешении этого потенциального спора, исход которого определит будущую судьбу многомиллиардных вложений мирового автопрома, будут играть правительства и их целеустремленные и далеко идущие программы стимулов, поддержки, систем налогообложения. Комплексно и системно анализировать различные аспекты новых направлений, технологических решений и их возможных последствий с использованием методов оценки полного жизненного цикла, – это настоятельное требование современного инновационного подхода в науке и промышленности.

Библиографический список

1. BP 2014 Statistical review of world energy. [Электронный ресурс] www.bp.com/annualreport
2. Advanced Motor Fuels Annual Report 2013. International Energy Agency (IEA). [Электронный ресурс] <http://www.iea.org>
3. VDA Annual Report 2012. [Электронный ресурс] www.vda.de
4. ACEA 2013 Report. European automobile manufacturers association (ACEA). [Электронный ресурс] www.acea.be
5. Energy Carriers for Powertrains 2014. ERTRAC: Energy and Environment. [Электронный ресурс] www.ertrac.org
6. AutoBild. [Электронный ресурс] <http://www.autobild.de>
7. Argonne National Laboratory Report 2010. USA Department of Energy. [Электронный ресурс] www.anl.gov

*Дата поступления
в редакцию 20.09.2014*

R.L. Petrov

VEHICLES ENERGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY AS FACTORS HAVING IMPACT ON GLOBAL DEVELOPMENT

AVTOVAZ Research Center, Togliatti

The article deals with energy and environmental concerns related to global transport sector development, providing the analysis of current and prospective technologies, methods and solutions aimed at fuel consumption and CO₂ emissions reduction using life cycle assessment methods. The author compares and evaluates prospects of various alternative fuels application in transport sector.

Key words: energy consumption, transport sector, fuel consumption, CO₂ emissions, life cycle assessment.