

УДК 629.113

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИРОВОГО АВТОТРАНСПОРТА И ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ

Р. А. Петров, к. т. н., начальник исследовательской лаборатории / ОАО «АвтоВАЗ» (г. Тольятти)

Окончание. Начало в № 5 (88), 2014 г.

Специальная программа, реализуемая под эгидой IEA, называется Advanced Motor Fuels (AMF) и включает в себя научно-исследовательские проекты по различным альтернативным видам топлива, в том числе и получаемым из возобновляемых источников энергии. Программа реализуется с целью улучшения характеристик применяемых в транспортном секторе топлив. Виды топлива, включённые IEA в определение AMF (перспективных автомобильных топлив): спирты (этанол, метанол), простые эфиры (например, диметилловый эфир DME, этилбутиловый эфир EBE, метилбутиловый эфир MBE), сложные эфиры, газообразное топливо (например, природный газ, сжиженный нефтяной газ, биогаз, водород), синтетические виды топлива.

Конечно, использование альтернативных видов моторного топлива зависит от применяемых конструкций и технологий транспортных средств, которые разрабатываются и проектируются с учётом имеющихся определённых традиций, анализа рынков сбыта и перспектив их развития. Интересен пример стран, в которых в составе парка автомобилей имеется достаточно большая доля транспортных средств с альтернативными видами топлива. Например, Аргентина, Армения, Бангладеш, Боливия, Иран, Пакистан имеют значительную долю (20–30 %) транспортных средств на природном газе (англ. natural gas vehicles, NGV), или Бразилия, где более 25 % транспортных средств имеют так называемые гибкие топливные системы (англ. flex fuel vehicles, FFV). В 2012 году во всём

мире количество АТС на природном газе (NGV) достигло 16,7 миллиона единиц, однако это составило только чуть более 1,5 % от мирового парка автомобилей.

При проведении расчётов и оценок все эти и другие виды топлива целесообразно сопоставить с традиционными для возможности проведения их комплексного сравнительного анализа по методикам оценки полного жизненного цикла с учётом проведения всего экобаланса — life-cycle assessment (LCA). 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 килограмм. Удельная теплота сгорания измеряется обычно в МДж/кг. Чем больше удельная теплота сгорания топлива,

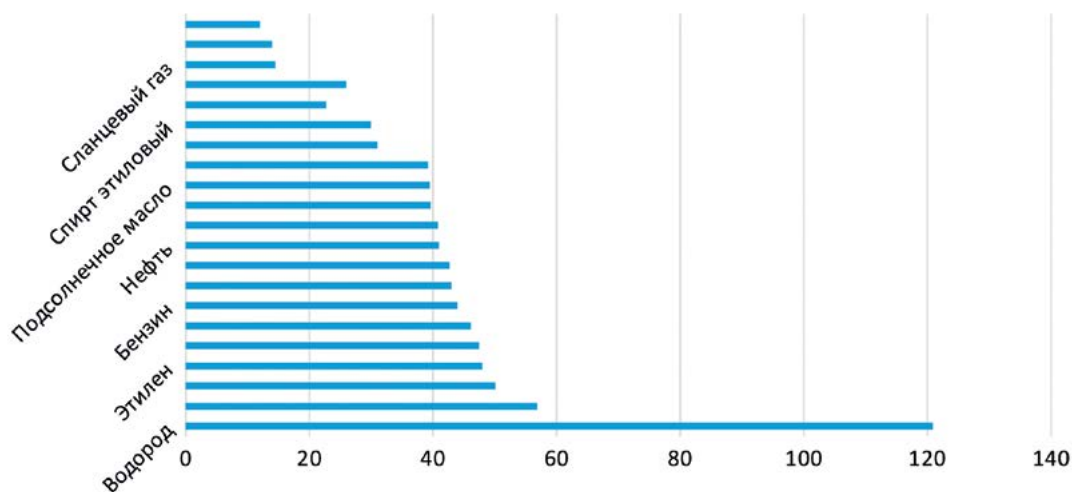


Рисунок 4. Удельная теплота сгорания веществ в воздухе, МДж/кг

тем меньше удельный расход топлива при той же величине коэффициента полезного действия (КПД) двигателя и прочих равных условиях. В справочниках приводится как высшая, так и низшая теплота сгорания топлива. Под высшей понимают общее количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании вещества, включая теплоту конденсации водяных паров при охлаждении продуктов сгорания. На практике, как правило, не удаётся охладить продукты сгорания до полной конденсации, и потому для сравнения автомобильных топлив используют понятие низшей теплоты сгорания без учёта теплоты конденсации водяного пара (рис. 4).

При сопоставлении автомобилей, работающих на разных видах топлива, оценка делается не только для энергетической эффективности двигателя (КПД) и привода крутящего момента на колёса автомобиля, также анализируется полный жизненный цикл и для топлива. Так называемый WTW-анализ (англ. well-to-wheel) подразумевает полную оценку экобаланса, произведённую по всем основным и сопутствующим процессам, трансформирующим энергию от скважины (места природного нахождения первичного энергоресурса) до колёс автомобиля, создающих его движение, включая этапы производства, переработки и доставки топлива. То есть такой анализ включает в себя оценку общей эмиссии в атмосферу, рассчитанной в граммах (в CO_2 -эквиваленте) на 1 МДж конечной энергии, которая образуется в результате потребления топлива в двигателе конкретного транспортного средства определённого вида с учётом всей цепи движения топлива («от скважины до колеса»). Очень много сравнительных расчётов для стран ЕС по методу WTW-анализа было сделано Европейским объединённым исследовательским центром JRC (Joint Research Centre of the European Commission).

Обычно такой анализ состоит из двух частей, когда сначала делают расчёты суммы всех выбросов, которые являются результатом транспортирования конкретного объёма 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, которые образуются 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. Таким образом, общая WTW-эмиссия равняется сумме WTT- и TTW-эмиссий. Широкомасштабные исследования, проведённые в Университете Кёльна, Германия (Institute of Energy Economics at the University of Cologne), учитывали даже разные транспортные сети доставки энергоносителей в страну из различных регионов мира. Например, WTT-эмиссии для природного газа, который был транспортирован в Германию трубопроводом на расстояние 7 000 километров из Западной Сибири России, значительно выше, чем для поставок в Германию из регионов Ближнего Востока (Юго-Западная Азия) с транспортировкой на расстояние 4 000 километров или при сравнении со среднестатистическим природным газом, потребляемым в Европе и наиболее часто принимаемым в сравнительных расчётах для ЕС (так называемый EU-mix). В табл. 3 приведены полученные результаты расчётов для Германии WTT- и TTW-эмиссий (а также суммарной WTW-эмиссии) для различных видов топлива.

Видно, что все три варианта поставок природного газа до территории Германии позволяют, применяя двигатели на газовом топливе, сократить общее количество выбросов на единицу потреблённой энергии по сравнению с бензином и дизельным топливом. То есть применение природного газа в качестве автомобильного топлива производит на 11–25 % меньше выбросов парниковых газов (ПГ) на единицу произведённой энергии по сравнению с автомобилем на дизельном топливе.

В дополнение к сокращению выбросов ПГ использование природного газа в АТС также приводит к значительно меньшему загрязнению воздуха по сравнению с использованием дизельного топлива и бензина. Легковые автомобили, работающие на природном газе, производят на 80 % меньше углеводородов (CH_x), чем работающие на дизельном топливе, на 50 % меньше окиси углерода (CO), на 20 % процентов меньше оксидов азота (NO_x) и до 99 % меньше диоксида серы, сажи и твёрдых частиц. Экобаланс производства биогаза показывает, что эмиссия CO_2 на этапе WTT даёт в сумме отрицательное значение, то есть в процессах его производства CO_2 не только не выделяется, но, наоборот, поглощается.

В проведённых WTW-анализах в случае, если была необходимость в использовании электроэнергии, для неё тоже применялась LCA-оценка её производства. Энергоэффективность (КПД) существующих в ЕС электростанций составляет в среднем около 40 %, поэтому эффективность производства электроэнергии приобретает всё большее значение. Свыше 70 % угольных электростанций Европейского союза имеют возраст более двадцати 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 распространённым топливом для ТЭЦ всё ещё остаётся уголь. Согласно данным, приведённым в табл. 3, видно, что, хотя эмиссия ПГ при эксплуатации электромобилей (TTW) равна 0, она далеко не маленькая при производстве и транспортировке электроэнергии (WTT), согласно усреднённым значениям для всех технологий её производства и передачи внутри ЕС. А общие показатели эмиссии CO₂ для электромобилей при полном WTW-анализе составляют 163 г CO₂-экв./МДж, что превышает аналогичные значения для газовых, бензиновых и дизельных автомобилей. Снижение показателей эмиссии CO₂ при WTW-анализе электромобилей возможно за счёт производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии (солнечные батареи, ветряные электростанции).

Проведение таких сравнительных анализов жизненного цикла с применением расчётов полного количества выбросов вредных веществ на протяжении всего цикла производства и потребления топлива (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 проведении обоснованного сопоставления альтернативных видов топлив, включая биотоплива, с традиционными топливами ископаемого происхождения.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГАЗОМОТОРНОГО ТРАНСПОРТА

По данным IEA, во всём мире сейчас эксплуатируется около семнадцати миллионов АТС на природном газе (NGV). В 2009 году их было только одиннадцать миллионов (в девять раз больше, чем в 2000 году, когда их было около 1,2 миллиона), из них 1,3 миллиона эксплуатировались в странах ЕС, в то время как только в Пакистане (имеет самый большой NGV-парк в мире) их было 2,3 миллиона и более 3 000 станций заправки природным газом. В 2009 году Италия имела в Европе наибольшее число АТС, работающих на природном газе (629 тысяч автомобилей), тогда как в Германии их было только около 85 тысяч.

На примере Германии можно рассмотреть основные тенденции, сложившиеся в Европе в автомобильном секторе, работающем на газе. В 2013 году общий расход жидкого топлива для использования в автомобильных перевозках в Германии составил 53 миллиона тонн (Мт), в том числе 17,3 Мт бензина, 32,3 Мт дизельного топлива и 3,4 Мт биотоплива. В составе потреблённого биотоплива преобладали биодизель, растительные масла (2,2 миллиона тонн) и биоэтанол (1 миллион тонн) (по данным Deutsche Energie-Agentur GmbH (DENA) — Немецкого энергетического агентства). Примерно 98 % сырой нефти, используемой в Германии (в том числе на топливо), приходится импортировать, поэтому в стране появились государственные программы поддержки развития альтернативных топлив. В 2004 году в Германии была принята стратегия федерального правительства о развитии топлив, в которой были установлены цели для увеличения использования доли природного газа в качестве моторного топлива — по меньшей мере на 2 % в 2020 году. Это будет соответствовать отметке в 1,4 миллиона АТС в 2020 году (примерно 1,1 мил-

лиона л/а, 250 000 лёгких коммерческих автомобилей и около 30 000 тяжёлых грузовиков). В 2010 году использование природного газа в качестве моторного топлива составило только 0,3 % от общего объёма потребления топлива. То есть потенциал природного газа и биометана в качестве моторного топлива был раскрыт ещё далеко не в полной мере, а для выполнения федеральных целей на 2020 год необходимо достижение 30%-го ежегодного роста потребления природного газа в автомобильном парке страны.

Однако политика и законодательство Германии способствуют развитию альтернативных видов топлива и, помимо природного газа, стимулируют применение биотоплива, устанавливая определённые квоты на использование биотоплива в стране по отношению к традиционным видам топлива. На 2009 год квота на использование биотоплива (минимальный процент для суммы всех видов биотоплив) по отношению к дизельному топливу и бензину была установлена на уровне 5,25 % и в размере 6,25 % для периода 2010–2014 годов (в расчёте по энергетическому эквиваленту). Помимо установления определённых фиксированных квот для альтернативных видов топлив, существенным инструментом воздействия на рынок являются применяемая налоговая политика для транспортного сектора и применяемые таксы налоговых сборов и льгот по отношению к разным топливам. В Германии применяются существенные налоговые льготы для природного газа и сжиженного нефтяного газа, используемых в качестве топлива. Правительственные стимулы для использования передовых моторных топлив включают полное освобождение от налогов для определённых видов биотоплива (например, биоэтанола из целлюлозы, биометана, E85)

Таблица 3. Эмиссии парниковых газов, образуемые в полном цикле производства и потребления различных видов топлив, полученные по методике WTW-анализа (в граммах CO₂-экв./МДж)

Топливо	Well-to-tank	Tank-to-wheel	Well-to-wheel
Бензин	12,47	74,30	86,77
Дизель	14,18	74,50	88,67
Природный газ (EU-mix)	8,52	57,98	66,50
Природный газ (трубопровод 4 000 км)	14,02	57,98	72,01
Природный газ (трубопровод 7 000 км)	21,69	57,98	79,67
Биогаз	-55,20	57,98	2,78
Электрическая энергия	163,48	0	163,48

и частичное освобождение от уплаты налога на природный газ (CNG) и сжиженный нефтяной газ (LNG) в качестве транспортного топлива. Кроме того, федеральное правительство Германии поддерживает, а во многих случаях и финансирует проекты для дальнейшего развития существующих и разработки новых технологий производства биотоплив, а также планирует с 2015 года устанавливать квоты для биотоплива не по энергетическому эквиваленту, а на основе сокращения выбросов ПГ, что ещё более должно усилить стимулы и дать дополнительный импульс для применения биотоплив. Инициатива координируется со стороны DENA.

Согласно прогнозам Международного энергетического агентства, 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 году 50 миллионов единиц, а к 2030 году — более 100 миллионов единиц. Биометан может выступать в качестве дополнения или замены природного газа и, таким образом, 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 путём обработки биогаза, повышая при этом концентрацию метана с 40–60 % в сыром биогазе более чем до 90 %. В 2012 году биометан в автомобильном транспорте Германии составил свыше 10 % от всего топлива на основе природного газа. Для синтеза метана происходит переработка CO₂, таким образом, в экобалансе производства биометана эмиссия CO₂ имеет отрицательное значение.

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 (GM, Ford, Chrysler, Mercedes-Benz, Audi, BMW, Volkswagen, Honda, Kia, Toyota и другие). Такое бурное развитие этого направления совершенно оправданно: 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 уменьшить в несколько раз выбросы вредных веществ по сравнению с бензином и дизельным топливом.

По статистическим данным компании BP, пятёрка крупнейших производителей природного

газа — США, РФ, Иран, Катар и Канада — производит более половины ежегодной мировой добычи природного газа в 3 370 миллиардов м³. Россия занимает второе место в мире по разведанным запасам природного газа — 31 триллион м³, второе место по его добыче — 605 миллиардов м³. Согласно применяемой в мире методике линейной оценки истощения ресурсов (время истощения ресурса — запасы/добыча), запасов природного газа в России хватит ещё на 51 год. Однако собственное потребление газа в РФ составляет чуть более 60 % от объёмов его добычи, поэтому при более бережном отношении к производству, потреблению и экспорту газа за рубеж его запасы в стране ещё довольно значительны и существенно превышают аналогичные для запасов нефти. Удельная теплота сгорания одной тонны природного газа (метана) равна 50,1 ГДж. По энергетическому эквиваленту 1 toe равна 0,835 тонны (или 1,11 тысячи м³) природного газа.

Все эти данные должны обратить на себя серьёзное внимание при планировании Правительством РФ направлений развития будущего автотранспорта страны, определении стратегических решений для поддержки транспортного сектора и экономики страны, создания условий и стимулов формирования современного и перспективного автомобильного парка на ближайшие десятилетия.

В ОАО «АвтоВАЗ» также уделяется значительное внимание повыше-

нию экологической безопасности разрабатываемых и производимых автомобилей и применяемых технологических процессов с целью сокращения потребления тепловой и электрической энергии, снижения вредных выбросов в атмосферу, сбросов сточных вод и образования отходов. На протяжении уже нескольких лет в ОАО «АвтоВАЗ» ведутся работы по созданию, испытаниям и доработке опытных образцов л/а, работающих на природном газе. Автомобиль Lada Priora CNG — газотопливная модификация автомобиля 21703 Priora с шестнадцатиклапанным двигателем объёмом 1,6 л, работающим на бензине и сжатом природном газе. Основным топливом в этой модификации является сжатый природный газ, находящийся в четырёх газовых металлопластиковых баллонах ёмкостью 22 л каждый, расположенных под полом багажника и задним сиденьем (давление газа в баллонах — 200 атм). Там же расположен небольшой резервный бензобак ёмкостью 15 л. На двигателе дополнительно установлена рампа с газовыми форсунками и регулятором давления. Контроллер унифицирован с бензиновым и обеспечивает полностью автоматизированную работу двигателя, переход с одного вида топлива на другой, отключение подачи газа при аварии, индикацию количества бензина или газа на стандартной комбинации приборов. В соответствии с международной классификацией такой автомобиль приравнивается к чисто газовым (не имеющим на борту другого топлива), поэтому на него не распространяются требования по токсичности при холодном пуске (-7 °С) и испарениям топлива (то есть не требуется система улавливания паров топлива). Возможно, это один из лучших для ОАО «АвтоВАЗ» способов повысить экологические характеристики выпускаемой продукции без крупных затрат на закупку новых техноло-

гий и оборудования. Однако для полноценного развития данного направления и формирования спроса на газовые л/а в стране нужна систематизированная поддержка со стороны Минпромторга и Правительства РФ, по крайней мере в части развития законодательной базы и создания существенных стимулов для приобретения таких транспортных средств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Транспортный сектор в настоящее время является глобальным фактором истощения мировых невозобновляемых ресурсов и формирования источников загрязнения планеты и изменения её 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. Учитывая глобальные объёмы 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 становится анализ развития ситуации в будущем с учётом увеличения применения альтернативных видов топлив, имеющих хорошие экологические и экономические перспективы.

Можно сказать, что глобальный мировой автопром и его ведущие автомобилестроительные компа-

нии стоят сейчас на развилке дальнейшего пути развития дорожной мобильности, когда ещё не до конца понятно, какое конкретное направление сумеет существенно вырваться вперёд, опередив при этом все остальные. У них всех пока имеются серьёзные 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 целеустремлённые 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.