

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АТС С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

Волков М.Н., Комков В.И.

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, e-mail: maksimvolkov-1998@yandex.ru*

В данной статье рассмотрено влияние автомобильного транспорта и дорожно-транспортного комплекса на окружающую среду. Кроме позитивного влияния на общество автомобиль оставляет большой след в экосистеме нашей планеты, внося существенный вклад в формирование экологического кризиса. Обозначены основные глобальные экологические проблемы, связанные с автотранспортной деятельностью: изменение климата (парниковый эффект), отрицательное влияние на живые организмы химически активных выбросов и разрушение озонового слоя. Обозначены компоненты продуктов сгорания углеводородных топлив в двигателях автомобилей, являющиеся стойкими органическими соединениями, способными к биоконцентрации и биоаккумуляции. Определен перечень и экологические характеристики хладагентов и парниковых газов, которые используются в сфере транспорта. Их основные параметры определяют озоноразрушающий потенциал (возможную степень разрушения озонового слоя) и потенциал глобального потепления, определяющий совокупное влияние парниковых газов на изменение климата. Для оценки энергоэкологической эффективности автомобилей с двумя перспективными видами энергоустановок было произведено сравнение удельных выбросов парниковых газов, включая косвенные выбросы электротранспорта от получения электроэнергии на тепловых электростанциях, сжигающих углеводороды. Рассмотрены так же основные преимущества и недостатки электромобиля и автотранспортного средства с газобаллонным оборудованием.

Ключевые слова: электромобиль, автотранспортные средства на газобаллонном оборудовании, парниковые газы, окружающая среда, топливо

EVALUATION OF ENERGY-ECOLOGICAL EFFICIENCY OF VEHICLES WITH DIFFERENT ENGINE'S TYPE

Volkov M.N., Komkov V.I.

*Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), Moscow,
e-mail: maksimvolkov-1998@yandex.ru*

This article examines the impact of vehicle and the road transport complex on the environment. In addition to the positive impact on society, the car leaves a large footprint in the ecosystem of our planet, making a significant contribution to the formation of the environmental crisis. The main global environmental problems associated with road transport activities are identified: climate change (greenhouse effect), the negative impact of chemically active emissions on living creatures, and the harm of the ozone layer. The components of the combustion products of hydrocarbon fuels in car engines that are persistent organic compounds capable of bioconcentration and bioaccumulation are indicated. The catalog and environmental characteristics of coolants and greenhouse gases that are used in the transport sector are defined. Their main parameters determine the ozone-depleting potential (the possible degree of destruction of the ozone layer) and the global warming potential, which determines the total impact of greenhouse gases on climate change. To assess the energy-ecological efficiency of vehicles with two budding types of engines, a comparison was made of specific greenhouse gas emissions, including indirect emissions of electric vehicles from generating electricity from power plants that burn hydrocarbons. The main advantages and disadvantages of an electric vehicle and a motor vehicle with gas cylinder equipment are also considered.

Keywords: electric vehicle, car with gas equipment, greenhouse gases, environment, fuel

Автомобиль и в целом транспортная инфраструктура стали в экосистеме человека неотъемлемой частью, что сказалось на качестве жизни: экономический рост, защищенность, удобство, скорость и комфорт. Однако кроме позитивного влияния на общество с точки зрения экономических и социальных последствий, автотранспорт потребляет существенную долю ресурсов (материальных и энергетических). Так же он вызывает негативное изменение состояния окружающей среды, как на локальном, так и на глобальном уровнях, что затрагивает и самого человека. Снижение устойчивости экосистем, гибель и травмы в ДТП, снижение урожайности с/х культур, увеличение заболеваемости, социальная напря-

женность, рост экономических издержек – все это неполный перечень последствий обратной стороны прогресса [1].

Цель исследования

Основной целью данной статьи является сравнение энергетических и экологических характеристик автотранспортных средств с различными типами энергоустановок.

Материалы и методы исследования

Материалами исследований являются экологическая безопасность автомобиля [2]; Разработка комплексной методики исследований и оценки экологической безопасности и энергоэффективности автомобилей [3]. Методы исследования – эмпирические.

Процесс развития автомобилестроения привел нас к огромной автомобильной, а также дорожно-строительной индустрии. «Автомобилизированное» общество взаимодействует с окружающей средой в рамках автотранспортного комплекса (АТК). АТК – сложная система, которая включает в себя автотранспортные средства, необходимые для их эксплуатации стационарные объекты, дорожно-транспортную сеть с необходимым обустройством, а также персонал и участников движения. Все это оставляет большой след в экосистеме нашей планеты, внося существенный вклад в формирование экологического кризиса [2].

Согласно [1], влияние автомобильного транспорта в глобальные изменения окружающей среды может достигать 30%. Существует три основных глобальных экологических проблем, связанных с автотранспортной деятельностью:

1) Автомобильный транспорт – один из крупных источников, загрязняющий окружающую среду стойкими органическими загрязнителями (СОЗ), которые отрицательно влияют на живые организмы.

2) Автотранспорт выбрасывает соединения, разрушающие озоновый слой, тем самым нарушает «щит», укрывающий нас от ультрафиолетового спектра, идущего от солнца.

3) АТК является источником выбросов так называемых «парниковых газов» (ПГ), которые задерживают тепловое излучение, идущее от поверхности Земли в космос. Следствием этого процесса является увеличение средней глобальной температуры и, следовательно, изменение климата.

К стойким органическим загрязнителям относятся химические вещества, которые длительное время сохраняются в окружающей среде, накапливаются в живых организмах, способны к биоаккумуляции, передаются по пищевым цепям, создают риск возникновения неблагоприятных эффектов для окружающей среды и здоровья человека. Самыми стойкими органическими загрязнителями (СОЗ) являются диоксины и фураны – компоненты продуктов сгорания углеводородных топлив в двигателях автомобилей.

В высокотемпературных реакциях окисления топлива также образуются оксиды азота. Американские ученые из Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA) доказали в своей работе, что один из них – закись азота (N_2O), разрушает озоновый слой, защищающий планету от опасного ультрафиолетового излучения, практически с той же скоростью, что и фреоны. Озоноразрушающая способность (ОРС) или измеренный озонистощающий потенциал N_2O составил

0,017, что сравнимо со всеми хлорфторуглеводами (ОРС = 0,02) [4]. За единицу ОРС приняли озоноразрушающую способность хладагента «фреон-11», он же CFC-11. Чем выше ОРС вещества, тем оно опаснее для озонового слоя.

По степени ОРС галоидопроизводные углеводороды делят на три группы:

– Соединения с ОРС < 1 – гидрохлорфторуглероды (ГХФУ) R141b, R124 и др., в молекулах которых содержится водород;

– Соединения с ОРС > 1 – хлорфторуглероды (ХФУ) R13, R115 и др. и бромфторуглероды (БФУ) R13B1 и др;

– Соединения с ОРС = 0 – гидрофторуглероды (ГФУ), фторуглероды (ФУ), а также природные хладагенты (вода, аммиак и др.) К таким соединениям относятся: R123a, R143a, R290 и др.

Основные галогенсодержащиеся углеводороды, которые в том числе используются в сфере транспорта, приведены в табл. 1. Транспорт ежегодно производит от 5 до 10% выбросов таких веществ, и объем их растет с ростом мирового парка [1].

Кроме этого, некоторые озоноразрушающие вещества, включая закись азота, являются опасными парниковыми газами, наряду с выбросами других веществ (углекислый газ, метан), образующихся при сгорании углеводородного топлива. За последние несколько десятилетий наблюдается устойчивая тенденция роста концентрации ПГ, вследствие антропогенного воздействия. Существенная масса этих веществ (до 14%) – прямые выбросы автотранспортных средств. При этом нельзя забывать про косвенные выбросы ПГ: стадия производства транспортных средств, распределение и потери углеводородного топлива, эксплуатация, ремонт и утилизация.

ПГ влияют на глобальное потепление с различной степенью. Зависит это от способности поглощать тепло, а также от того, сколько они «проживут» в атмосфере. Чтобы понять какие ПГ влияют сильнее, а какие слабее ввели понятия потенциал глобального потепления (ПГП) или коэффициент приведения к эквиваленту CO_2 (CO_2 -экв) (ГЭФ, РКИК ООН), который определяет совокупное влияние ПГ на изменение климата. Эффект от выброса оценивается за определенный период времени (обычно он составляет 100 лет). Эталонным газом приняты диоксид углерода (CO_2), для которого коэффициент приведения равен 1. Для метана (CH_4) ПГП = 25, что означает 1 кг метана в 25 раз сильнее действует на глобальное потепление, чем 1 кг CO_2 . Для N_2O коэффициент приведения к CO_2 -экв еще значительно больше (равен 298).

Таблица 1

Экологические характеристики хладагентов и парниковых газов

Номер	Химическое наименование	ОРС	ПГП	Время существования в атмосфере, лет
R-290	Пропан	0	20	7 дней
R-12	Дихлордифторметан	1	10200	100
R-13B1	Трифторбромметан	10	6290	65
R-718	Вода	0	0	н.д.
R-717	Аммиак	0	0	н.д.
R-744	Углекислый газ	0	1	н.д.
R-22	Хлордифторметан	0,055	1760	11,9
R-134a	1,1,1,2-тетрафторэтан	0	1300	13,4
R-125	Пентафторэтан	0	3170	28,2

Чтобы сократить вредное воздействие АТК на окружающую среду необходимо стремиться к более экологически безопасным и энерго- (ресурсо-) эффективным транспортным средствам. В соответствии с международными требованиями экологическая безопасность АТС должна оцениваться с учетом всего жизненного цикла, начиная с производства как автомобиля, так топлива или энергии, заканчивая этапом утилизации [3].

В соответствии с прогнозом социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года, разработанным Министерством экономического развития РФ [5], а также Транспортной стратегией России предполагается дальнейший рост потребления моторных топлив и электроэнергии внутри страны. При этом прирост потребления будет смещаться в сторону увеличения использования природного газа в качестве моторного топлива в связи с развитием газохимической отрасли, а также медленно, но стабильного роста автомобильного парка с электродвигателями.

В качестве топлива для АТС используют сжиженный природный газ (СПГ) и сжиженный нефтяной газ (СНГ). В целом они схожи, но есть различия. СНГ чаще всего называют просто газом или «Пропаном», имея ввиду пропан-бутановую смесь. Этот тип топлива более популярный и доступный по сравнению с метаном. Пропан-бутановую смесь хранят в специальном резервуаре, под давлением 16 атмосфер, стенки которого имеют толщину 3 мм, а массу в диапазоне от 30 до 40 кг в зависимости от типа и объема баллона. Вместимость достигает 120 л на авто с большими объемами двигателя. Вследствие давления 16 атмосфер смесь находится в сжиженном состоянии. СНГ, как и большинство топлив является продуктом нефтепереработки. Пропан имеет октановое число (ОЧ) 95...110 и, следовательно,

работа мотора осуществляется с повышенной степенью сжатия. Из-за этого возрастает КПД топлива и температурный режим двигателя. При использовании СНГ увеличивается расход топлива на 10-20%, а также из-за особенностей данной смеси мощность двигателя падает на 10-15%.

У сжатого природного газа имеется ряд преимуществ перед СНГ, главные из которых – безопасность и экологичность. Двигатель, работающий на метане, не выбрасывает в атмосферу такой загрязнитель как SO_2 , а количество NO_x почти в 2 раза меньше. Метан быстро улетучивается в воздухе, что является большим плюсом, потому что в случае повреждения газового баллона будет крайне малая вероятность воспламенения газа. Способ хранения газа минимизирует вероятность утечки. Цилиндры в которых хранится природный газ выдерживают давление разрыва 600 бар. Уровень шума двигателя работающем на сжатом природном газе снижается на 3 дБ, что делает данный вид топлива наиболее перспективным для общественного транспорта. Сжиженный нефтяной газ и сжатый природный газ можно использовать как на дизельных, так и на бензиновых моторах [6].

У каждой представленной энергоустановки есть свои преимущества и недостатки. Их необходимо рассматривать в комплексе. Основной характеристикой энергоэкологической эффективности является потребление энергоресурсов и выброс парниковых газов. В этом отношении нельзя говорить об абсолютной «экологической чистоте» электротранспорта. Производство электроэнергии сейчас и ближайшую перспективу будет в основном осуществляться на тепловых электростанциях, сжигающих углеводороды. Для оценки эффективности АТС с двумя перспективными видами энергоустановок было произведено сравнение удельных выбросов парниковых газов (табл. 2).

Таблица 2

Пробеговые выбросы ПГ, г/км

Тип АТС	CH ₄	N ₂ O	CO ₂
Легковые электромобили	0,00105	0,000495	65,25
Легковые АТС на газе (СНГ и КПГ)	0,001 – 0,025	0,0006 – 0,015	90,3 – 238,5

Таблица 3

Основные преимущества и недостатки электромобилей и АТС с ГБО

Электромобиль		АТС с газобаллонным оборудованием	
Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
Пробеговые выбросы ПГ в целом меньше, чем у АТС с ГБО	Расстояние на одной заправке (150 – 500 км)	Пройденное расстояние до 1000 км на одной заправке	Пробеговые выбросы загрязняющих веществ и ПГ больше чем у электромобиля
КПД электродвигателя выше	Слабо развита инфраструктура (количество заправок около 60 ед. в Москве) [9]	Большее количество заправок (200 ед. в Москве, 1 тыс. шт. в РФ к 2024 г.) [10]	Тяжелое и объемное газобаллонное оборудование
В случае аварии малая вероятность возгорания (взрыва) электромобиля	Высокая цена электрокаров	Активная реализация программ газификации регионов	В случае аварии высокий риск взрыва газобаллонного оборудования
Менее шумный в эксплуатации	Особенности эксплуатации при низких температурах (саморазряд АКБ, дополнительные затраты энергии на обогрев салона)		Сложности в эксплуатации при низких температурах
Возможность зарядки в домашних условиях	Утилизация АКБ		

Для легковых электромобилей они рассчитаны на основе единого топливно-энергетического баланса (ЕТЭБ) России за 2014 г., составленного Центром по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ), и коэффициентов выбросов ПГ от сжигания топлива, рекомендованных Методическими рекомендациями по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов ПГ в субъектах Российской Федерации [7]. При определении коэффициентов выбросов на единицу потребленной электроэнергии учтены потери электроэнергии в электрических сетях. Для легковых автомобилей, работающих на природном газе (сниженном (СНГ) или компримированном (КПГ)) коэффициенты выбросов парниковых газов зависят от объема двигателя, экологического класса АТС и топлива, категории улиц [8].

Сравнительные результаты показывают, что для некоторых категорий АТС с газобаллонным оборудованием (ГБО) удельные выбросы сопоставимы с косвенными выбросами от электротранспорта. Были так же рассмотрены преимущества и недостатки электромобилей и АТС с газобаллонным оборудованием, которые приведены в табл. 3.

Заключение

Надо отметить, что эти две энергоустановки не являются на данный момент идеальной заменой нефтяному топливу, поскольку у них еще присутствует достаточное количество недостатков, требующих решения. Например, общая проблема, актуальная для РФ – низкая температура окружающего воздуха, и в целом довольно слабо развитая инфраструктура. Дальнейшие исследования энергоэкологической эффективности лежат в плоскости оценки валовых выбросов других загрязняющих веществ и парниковых газов при реальной эксплуатации парка по мере роста численности АТС с перспективными энергоустановками, а также снижение ресурсо- и энергопотребления на других этапах жизненного цикла.

Список литературы

1. Шелмаков С.В. Экотранспорт: учеб. пособие / С.В. Шелмаков. М.: МАДИ, 2018. 160 с.
2. Рябчинский А.И. Экологическая безопасность автомобиля; Под ред. Член-корр. РАН Луканина В.Н. / А.И. Рябчинский, Ю.В. Трофименко, С.В. Шелмаков. – М.: МАДИ-ТУ, 2000. 95 с.

3. Азаров В.К. Разработка комплексной методики исследований и оценки экологической безопасности и энергоэффективности автомобилей: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.05.03) / Азаров Вадим Константинович, Москва, 2014. 136 с.
4. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014. URL: <https://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/2014/summary/ch1.html> (дата обращения 18.01.2020).
5. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года. URL: <http://legalacts.ru/doc/prognoz-socialno-ekonomicheskog-razvitija-rossiskoi-federatsii-na-period-do-2036/> (дата обращения 18.01.2020).
6. Метан (LPG/CNG): преимущества перед бензином. Что лучше СНГ или СПГ? URL: <https://gboshnik.ru/metan-lpg-cng-preimushhestva-pered-benzinom-chto-luchshe-sng-ili-spg/> (дата обращения 23.01.2020).
7. Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации. Утв. распоряжением Минприроды России от 16.04.2015 №15-р. М., 2015. 370 с.
8. Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов (на примере г. Москвы). М., 2008. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/56/56578/> (дата обращения 31.01.2020).
9. Moscow Tesla Club: сайт URL: <https://moscowteslaclub.ru/> (дата обращения 18.01.2020).
10. Справочник Москвы. URL: <https://msk.spravker.ru/agzs/> (дата обращения 18.01.2020).