

УДК 629.113

ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ АКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ

В. К. Азаров / В. Ф. Кутенёв, д. т. н. / А. А. Эйдинов, д. т. н. / Е. С. Евдониин
ФГУП «НАМИ»

Пока не ясно, как долго будет длиться активное использование невозобновляемых ресурсов Земли, приводящее к глобальному загрязнению вредными веществами (ВВ) окружающей среды, в которой мы живём.

В качестве выхода из сложившейся ситуации, учитывая ограниченность углеводородных ресурсов, всё большее распространение, особенно в автомобильной индустрии, находят альтернативные виды топлива. Однако на протяжении следующих нескольких десятилетий нефть останется основным сырьём для производства топлива на все виды транспорта. Таким образом, дальнейшее развитие двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и повышение их эффективности будет оставаться основным направлением его совершенствования и развития. Прогнозируется, что электрические и комбинированные энергетические установки (КЭУ) пока останутся основными решениями по уменьшению использования невозобновляемых ресурсов в ближайшей перспективе. В связи с этим представляется весьма важной поддержка создания новых, менее затратных производственных мощностей по выработке электроэнергии со сниженными выбросами парниковых газов (ПГ) — CO_2 в окружающую среду.

С середины XX века требования по выбросам вредных веществ (ВВ) в атмосферу постоянно ужесточаются, во многих областях экономики возникает несоответствие между этими требованиями и необходимым качеством топлива (энергоносителей). Автопроизводители вкладывают много инвестиций, чтобы решить эту проблему.

С начала XX века усиливается процесс глобализации технологий, автопроизводители сталкиваются с тремя основными проблемами и с появив-

шейся в 2012 году новой — проблемой выбросов твёрдых частиц от износа шин и дорожного полотна (рис. 1).

Первая проблема — это загрязнение окружающей среды из-за постоянно увеличивающегося количества транспортных средств. Для её решения необходимо предпринять ряд мер, направленных как на модернизацию автомобильной индустрии, так и на улучшение качества топлива и совершенствование процессов сгорания и нейтрализации отработавших газов для сокращения выбросов ВВ с отработавшими газами (ОГ) автомобильного транспорта.

Вторая проблема — увеличивающийся выброс парниковых газов в атмосферу и связанное с этим изменение (потепление) климата. В данном вопросе актуальным является снижение выбросов посредством увеличения эффективности силовых агрегатов, а также использования альтернативных источников энергии, таких как биотопливо, водорода и электроэнергии, получаемой из возобновляемых источников [1].

Третья проблема — увеличенный выброс взвешенных и твёрдых частиц в атмосферу крупных городов от износа шины и дорожного полотна, значительно (в 25–100 раз) превышающий выброс с ОГ [2].

Автомобильные плотные транспортные потоки и пробки резко ухудшают качество воздуха на транспортных магистралях в крупных городах, а также в салонах автомобилей, такси и автобусов, что приводит к негативным последствиям для состояния здоровья населения мегаполисов [3].

Четвёртая проблема — это опасения, связанные с доступностью нефти в будущем. Скачок цен на переработанную нефть за последние годы оказал влияние не только на политику отдельных стран,

Таблица 1

Год	1991	1999	2004	2008	2009	2012	2014–2016
Цена, доллар/баррель	40	13	30	142	32	98–122	?
Причина	Война в Кувейте	Азиатский финансовый кризис	Война в Иране	Мировой финансовый кризис		«Арабская весна»	?

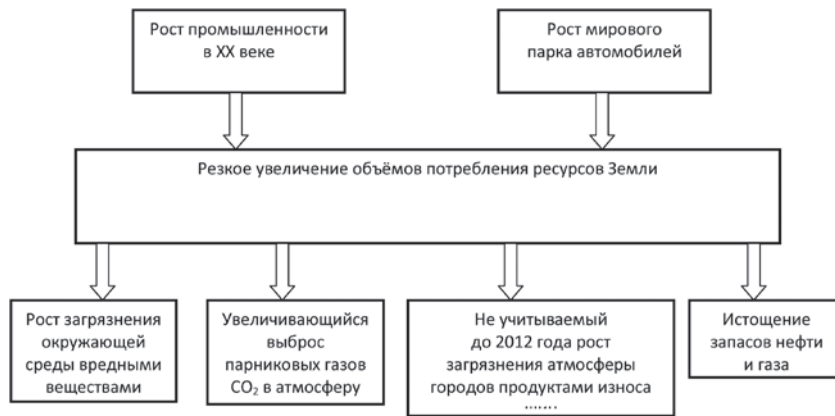


Рисунок 1. Проблемы мировой экономики

но и на автомобильную промышленность в целом и на направление развития силовых агрегатов (комбинированных энергоустановок) и самих транспортных средств (электромобилей) в частности.

В табл. 1 приведена динамика роста и падения цен на нефть марки «Брент».

Поскольку все четыре проблемы взаимосвязаны, следует считать важным параллельное решение их всех для достижения устойчивого развития экономики в будущем.

С начала XX века спрос на нефть вырос в несколько раз, при этом транспортный сектор является самым крупным потребителем этого вида топлива. Данный сектор стремительно расширяется в развивающихся странах, и, по оценкам исследователей ИЕА (Международного энергетического агентства) «Энергетические и технические перспективы — 2008», количество ТС в развивающихся странах превзойдёт аналогичный показатель в развитых странах к 2030 году.

Оценивая предстоящее соотношение потенциалов энергоснабжения и потребления энергии, можно прогнозировать только, что для компенсации недостатка природных ресурсов и ограничения дальнейшего резкого увеличения цен на нефть важным и единственным фактором является развитие альтернативных источников энергии. Многие страны активно их развивают, в результате чего виды топлива становятся всё более и более разнообразными и отличаются от региона к региону.

Всё это заставляет (побуждает) развивающиеся страны ужесточать требования к качеству топлива и уровню выбросов ВВ с отработавшими газами, учитывая состояния своих экономик и требования по повышению энергоэффективности. В то же время возникает несоответствие между этими требованиями и фактическим качеством производимого топлива на рынке. Рис. 2 показывает текущие и перспективные требования к выбросам ВВ с ОГ в мире, а рис. 3 — качество топлива, требуемое автоиндустрией для выполнения этих норм. Графики

показывают несоответствие требуемого и фактически имеющегося топлива во многих регионах мира [4].

Итак, с принятием нормативов Евро-6 в международных стандартах ЕЭК ООН и введением новых, жёстких нормативов на содержание серы в топливах можно констатировать, что проблема с загрязнением атмосферы вредными веществами решается приблизительно на 90 % и её реализация в ближайшие пять-семь лет будет зависеть в основном от развивающихся стран.

В табл. 2 и 3 приведены результаты снижения экологического ущерба от эффективности международных стандартов ЕЭК ООН при введении нормативов от Евро-0 до Евро-5.

Это значит, что предотвращённый ущерб за весь срок эксплуатации одного легкового автомобиля при переходе с нормативов Евро-0 на Евро-1 составлял $\approx 200\,780$ руб. (5 020 евро), а при переходе с Евро-4 на Евро-5 — уже только $\approx 1\,780$ руб. (45 евро), то есть ущерб снижен в 113 раз.

Таблица 2. Предотвращённый ущерб от одного автомобиля массой до 3,5 т за 300 тыс. км

Переход по этапам нормирования	Рубли	Евро
Евро-0 — Евро-1	200 780	5 020
Евро-1 — Евро-2	22 190	555
Евро-2 — Евро-3	10 730	268
Евро-3 — Евро-4	7 080	177
Евро-4 — Евро-5	1 780	45

Таблица 3. Предотвращённый ущерб от грузового автомобиля за 1 млн км

Переход по этапам нормирования	Рубли	Евро
Евро-0 — Евро-1	1 669 700	41 743
Евро-1 — Евро-2	817 405	20 435
Евро-2 — Евро-3	544 710	13 618
Евро-3 — Евро-4	348 418	8 710
Евро-4 — Евро-5	223 000	5 575










Годы	'00	'05	'10	'15	'20
 EU	EURO-3		EURO-4	EURO-5	EURO-6 →
 Россия	EURO-1	EURO-2	EURO	EURO-4	EURO-5 (EURO-6)
 Китай	EURO-1	EURO-	EURO-3	EURO-4	EURO-5 (EURO-6)
 Индия	EURO-2		EURO-3	EURO-4	EURO-5 (EURO-6)
 Таиланд	EURO-2		EURO-3	EURO-4 (EURO-5)	
 Аргентина	EURO-1	EURO-	EURO-3	EURO-4	EURO-5
 Бразилия	HC/NO _x 0.3/0.6		BR-Tier 1	BR-LEV	BR-Tier 1.5 BR-LEV2
 США	LEV-1		LEV-2		LEV-3
 Япония	Новое краткосрочное		Новое долгосрочное	Следующее за новым долгосрочным	

Рисунок 2. Законодательные требования по выбросам ВВ в атмосферу

Для грузовых автомобилей показатели снижения экологического ущерба более значительные. Так, при переходе с норм Евро-0 на Евро-1 величина предотвращённого ущерба за весь срок эксплуатации одного грузового автомобиля составляла $\approx 1\,669\,700$ руб. (41 743 евро), а при переходе с Евро-4 на Евро-5 — 223 000 руб. (5 575 евро), то есть ущерб уменьшен только в 7,5 раза.

Проблему с выбросом парниковых газов (ПГ) решить гораздо сложнее, так как она зависит от разработки и внедрения новых энергосберегающих технологий производства и энергоэффективных конструкций транспортных средств. В качестве примера на рис. 4 и 5 приведены величины выбросов CO₂ — ПГ и экономические затраты в полном жизненном цикле легковых автомобилей с различными энергоустановками на разных энергоносителях [5, 6].

Как видно из приведённых материалов (рис. 4 и 5), решение проблемы с уменьшением выбросов парниковых газов имеется, однако внедрение в массовое производство таких новых технологий, как автомобили с комбинированными энергоустановками, позволяющие уменьшить выброс ПГ на 30–35 % по отношению к автомобилям с традиционными ДВС, и электромобили (50–65 %), приводит к значительным экономическим затратам и в производстве, и в эксплуатации. В табл. 4 представлен прогноз снижения валового выброса парниковых газов мировым парком автотранспортных средств в текущем и будущем периоде до 2050 года с учётом роста и обновления парка при внедрении новых технологий [6].

Итак, принимаемые мировым сообществом меры по ограничению выбросов ПГ автотранспортом обеспечат к 2050 году снижение валовых выбросов в атмосферу в 2–3 раза от максимально возможного уровня в 2025–2030 годах.

Если по первым двум проблемам есть наработанные технологии и решение по уменьшению вредных выбросов и выбросов парниковых газов, то появившаяся третья проблема пока не имеет прямых решений. Дело в том, что реальные выбросы твёрдых частиц от износа шин превышают выбросы твёрдых частиц с ОГ автомобилей в 25–100 раз, а с учётом износа дорожного полотна — в 50–150 раз по отношению к жёстким нормам Евро-6 [2]. Следует особо подчеркнуть, что в шинной пыли и пыли от износа дорожного полотна содержится большое число вредных веществ, включая особо опасные и канцерогенные вещества, вызывающие раковые заболевания у населения крупных городов [7].

Экспертная оценка показала, что, несмотря на экономические проблемы, связанные с производством новой техники, для России приоритетом остаётся внедрение экологичных транспортных средств, в первую очередь в мегаполисах и зелёных зонах, при этом определяющим является внутригородской муниципальный (автобусы с КЭУ, электробусы) и коммунальный транспорт.

Зарубежный опыт подтверждает, что такую сложную комплексную проблему экологии крупных городов можно решать только системно-программным способом, например: технологическая платформа

Качество топлива, концентрация серы		§ 2 000 ppm	§ 500 ppm	§ 50 ppm	§ 10 ppm	
Уровень требований к отработавшим газам	Евро-0	Подходящее качество топлива				
	Евро-1	Африканские требования к выбросам	Подходящее качество топлива	Учащаются случаи утверждения более строгих требований к выбросам при отсутствии топлива удовлетворительного качества для обеспечения соответствия.		
	Евро-2					
	Евро-3					
	Евро-4	Не может отвечать требованиям	Центральная/Южная Африка, требования к выбросам ASEAN	качество топлива	Требования к выбросу в Китае и Австралии	Подходящее качество топлива в ЕС
	Евро-5					
	Евро-6					
Евро-6						

Рисунок 3. Соотношение между требованиями по выбросам ВВ и качеством топлива

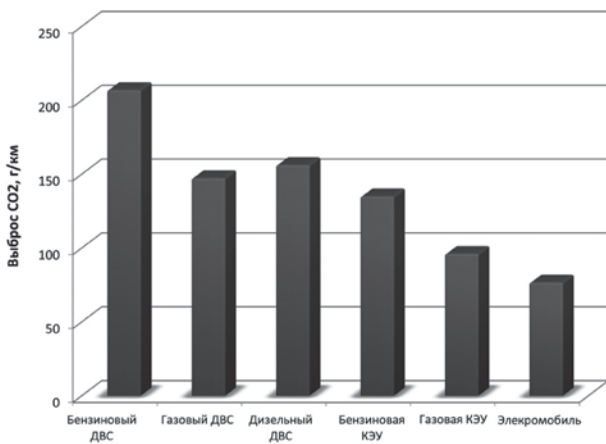


Рисунок 4. Выбросы CO₂ в г/км от автомобилей с различными энергетическими установками на разных энергоносителях

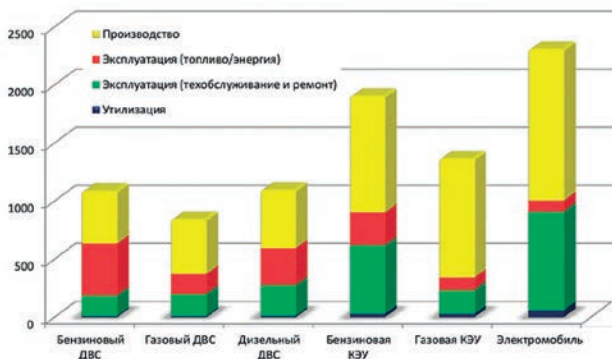


Рисунок 5. Экономические затраты в тысячах рублей в полном жизненном цикле автомобилей с различными энергетическими установками при работе на разных энергоносителях

«Электромобиль» в Германии, программа Freedom Car в США, седьмая рабочая программа в ЕС, национальная программа в Японии и другие.

В России на сегодня единственным интегрирующим документом является технологическая платформа «Экологически чистый транспорт “Зелёный автомобиль”», в рамках которой должна быть разработана стратегическая программа исследований, определяющая основные направления развития экологичного транспорта, включающая два главных направления: ТС на альтернативных топливах и ТС с электроприводом (ЭМ и АТС с КЭУ, в том числе с подзарядом).

Появление новых типов экологичного транспорта связывают сегодня с развитием новых технологий, а это определяется результативностью проводимых НИОКР.

Так, например, при разработке раздела по новым технологиям в обновлённой «Стратегии развития автомобильной промышленности РФ до 2020 года» было определено, что развитие и внедрение новых технологий (рис. 6) в отечественном автомобилестроении в среднесрочной и долгосрочной перспективе должно осуществляться на основе критериев полного жизненного цикла изделий (ПЖЦ) и быть связано с:

- решением основных проблем в сфере экологии, безопасности, энерго- и ресурсосбережения;
- созданием промышленности автокомпонентов и ГСМ мирового уровня;
- созданием эффективных инструментов автоматизации и компьютеризации продукции автомобилестроения;
- необходимостью концентрации усилий на наиболее перспективных направлениях НИОКР.

Таблица 4

Год	Парк автомобилей, млн шт.	Средний ежегодный пробег автомобиля, км	Средний выброс CO ₂ одного автомобиля, г/км	Валовый выброс CO ₂ млрд (Гт), т/год
2000	400	15 000	600	3,6
2009	550	18 000	550	5,4
2011	800	20 000	500	8,0
2030	1 600	22 000	300	10,56
			150	5,28
2050	2 200	25 000	100	5,5
			50	2,75

Что касается технологической платформы «Зелёный автомобиль», то перед её участниками стоят следующие задачи:

— утверждение «Стратегической программы исследований по экологичному автотранспорту на 2014–2020 годы»;

— разработка детальных дорожных карт, внедрение инновационных и экологических АТС — автобу-

сов, грузовых автомобилей, лёгких коммерческих и легковых автомобилей;

— разработка базовых комплектующих систем электропривода, построенных по модульному принципу (рис. 7).

Все вышеперечисленные направления находят-ся в рамках «Прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», подготовленного Министерством науки и образования Российской Федерации (декабрь 2013 года, ДМ-П8-5).



Рисунок 6. Внедрение новых технологий при решении основных проблем ТС должно осуществляться на основе критериев полного жизненного цикла изделия



Рисунок 7. Основные наиболее перспективные направления развития технологий для автопрома РФ, выделенные на основании предположений экспертов отрасли

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Азаров В. К., Кутенёв В. Ф., Теренченко А. С. Роль колёсных транспортных средств в глобальном загрязнении атмосферы выбросами парниковых газов — CO₂. — Журнал автомобильных инженеров. — 2012 — № 2 (73). — С. 8–11.
2. Азаров В. К., Кутенёв В. Ф., Степанов В. В. Реальный выброс твёрдых частиц автомобильным транспортом. — Журнал автомобильных инженеров. — 2013. — № 3 (80). — С. 81–93.
3. Азаров В. К., Кутенёв В. Ф., Сайкин А. М. Проблемы создания экологически чистого автомобиля. — Автомобильная промышленность. — 2013. — № 10. — С. 5–7.
4. Global Energy Environmental Issues Reflected in Toyota Advanced Powertrain Development Toshiaki TanaKa. — Toyota Motor Corporation, Japan.
5. Азаров В. К., Козлов А. В., Кутенёв В. Ф., Теренченко А. С. Анализ возможности повышения энергетической эффективности и улучшения экологических показателей современного легкового автомобиля массового производства применением новых энергетических установок // Труды НАМИ: сб. науч. ст. — М., 2012. — Вып. 249. — С. 15–22.
6. Азаров В. К., Козлов А. В., Кутенёв В. Ф., Теренченко А. С. Экономика современных и перспективных конструкций автомобилей в их полном жизненном цикле. — Журнал автомобильных инженеров. — 2013. — № 1 (78). — С. 46–48.
7. Азаров В. К., Азаров В. К., Сайкин А. М. Автомобиль и его влияние на систему «дорога — окружающая среда — человек» // Труды НАМИ: сб. науч. ст. — М., 2013. — Вып. 254. — С. 48–64.