

УДК 629.113:614.76

# РОЛЬ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ГЛОБАЛЬНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ — CO<sub>2</sub>

В.К. Азаров / В.Ф. Кутенёв, д. т. н., проф. / А.С. Теренченко, к.т.н.  
ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»

Изменение климата является наиболее фундаментальным и определяющим вызовом современности для мировой экономики и научной общественности. С конца 1800-х гг. средняя температура поверхности Земли к 2000 г. возросла на 0,74°C, а к 2100 г. прогнозируется ее прирост уже в размере до 4°C в случае отсутствия мероприятий по предотвращению изменения климата, а также механизма их осуществления. Даже при минимальном прогнозируемом росте он будет превосходить размер любого столетнего изменения температуры за последние 10 000 лет [1].

В сценариях борьбы с выбросами парниковых газов — двуокиси углерода — первостепенная роль в изменении климата отводится мероприятиям по повышению энергетической эффективности (ЭЭ) и возобновляемым источникам энергии (ВИЭ).

Существует широкий международный консенсус относительно того, что энергоэффективность и возобновляемые источники энергии могут сыграть центральную роль в достижении установленных целей борьбы с загрязнением атмосферы выбросами парниковых газов. В сценарии BLUE Международного энергетического агентства (МЭА), самом агрессивном сценарии сокращения выбросов к 2050 г., исследуются наиболее малозатратные варианты решений, призванные обеспечить реализацию наиболее амбициозного сценария Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). В соответствии с этим документом размер прироста температуры должен быть удержан на уровне ниже 2,4°C (как представляется, это число согласуется с показателем атмосферной концентрации CO<sub>2</sub> 450 частей на миллион). Согласно этому сценарию, нужно сократить энергетические выбросы, ожидаемые к 2050 г., на уровне 62 Гт CO<sub>2</sub> до 14 Гт CO<sub>2</sub>, что предполагает очень значительное уменьшение объема выбросов — на 48 Гт CO<sub>2</sub> [1].

При этом 36-44% всех сокращений по сценарию BLUE должно быть достигнуто за счёт эффективности конечного использования энергии, а 21% — за счёт возобновляемых источников энергии. Таким образом, в данном

сценарии на эти два варианта (т.е. эффективность конечного использования энергии и возобновляемые источники энергии) приходится преобладающая доля всех возможных сокращений.

В своем прогнозе мировой энергетики 2006 г. МЭА привело оценку, в соответствии с которой один дополнительный доллар, затраченный на обеспечение эффективности электрических приборов и оборудования, позволяет в среднем избежать инвестирования более чем двух долларов в электроснабжение.

Проблема обозначена на уровне международных организаций (ООН и ее структуры). Определелись и страны — ведущие «вкладчики» в надвигающуюся катастрофу. По процентному вкладу в общемировой объем вредных выбросов они разделились следующим образом: США 24%, Китай 14%, Россия 6%, Англия 2% [2].

В 1997 г. в Киото (Япония) лидеры ведущих стран подписали соглашение, в котором обязались принять меры к сокращению вредных выбросов в атмосферу. Предполагалось, что невыполнение обязательств через три года повлечет за собой карательные санкции и повышение налогов на топливо.

В документе «Глобальные тенденции инвестиций в устойчивую энергетику в 2008 году», ежегодном обзоре инвестиционных тенденций в секторе устойчивой энергетики (Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде ЮНЕП, Инициатива по финансированию устойчивой энергетики [ИФУЭ]; [www.sefi.unep.org](http://www.sefi.unep.org)), была дана оценка общемирового объема инвестиций в устойчивую энергетику в 2008 г. в 155 млрд. долл. Эти цифры, если их сравнить с 33 млрд. долл. в 2004 г. (т.е. среднегодовой рост составил 45%), четко отражают масштабы экологического бума в энергетике в последние несколько лет [1].

Энергоэффективность и возобновляемые источники энергии часто рассматривают как нечто единое ввиду их общей важной роли уменьшения темпов изменения климата. Однако инвестиции в ЭЭ и ВИЭ в ряде важных аспектов различаются. Основные различия связаны с такими моментами, как цель, характер и размер инвестиций, осведомленность, квалификация и мотива-

ция спонсоров, характер финансовых выгод, проектные риски, а также методы и источники финансирования. С точки зрения финансирования это означает, что даже когда инвестиции в ВИЭ являются незначительными или средними по своему объёму, тот, кто финансирует подобные проекты, при оценке и финансировании инвестиций указанных двух типов должен применять различные методы и подходы.

Для сравнения (сопоставления) надо отметить, что в настоящий период мировой парк автотранспортных средств составляет уже более 800 млн. ед. и при годовом усредненном пробеге в 20 тыс. км и усредненном условном выбросе CO<sub>2</sub> на уровне 500 г/ км общий выброс CO<sub>2</sub> уже составляет 8,0 млрд. т (8,0 Гт CO<sub>2</sub>), т.е. примерно 13 % от общего выброса CO<sub>2</sub> в атмосферу.

Данные о среднем выбросе CO<sub>2</sub> при движении автомобилей были получены на основе анализа результатов исследований по международной методике полного жизненного цикла изделия [3].

В Европейском Союзе были приняты Правила ЕС № 443/2009 по ограничению выбросов CO<sub>2</sub> от новых легковых автомобилей категории M1, в соответствии с которыми установлена цель: достичь средней величины выбросов CO<sub>2</sub> от новых легковых автомобилей в целом по Европейскому Союзу на уровне 120 г/км к 2013 г., а после 2020 г. установлена цель — 95 г/км.

В табл. 1 приведены валовые выбросы парниковых газов CO<sub>2</sub> от колесных транспортных средств (КТС) в 2000, 2005 и 2011 гг. и прогноз этих выбросов, их ожидаемое (прогнозируемое) изменение в 2030 и 2050 гг., с учетом роста и ежегодного обновления парка в объеме 50-60 млн. автомобилей в течение 10-15 лет.

Таблица 1. Выбросы CO<sub>2</sub> от автомобильного транспорта в 2000, 2005 и 2011 гг. и прогноз этих выбросов в 2030 и 2050 гг.

Год	Парк КТС млн. шт.	Пробег км/ год	Выброс CO <sub>2</sub> всем парком КТС, г/км	Валовой выброс, млн. т/год (Гт)
2000	400	15000	600	3,6
2005	550	18000	550	5,4
2011	800	20000	500	8,0
2030	1600	22000	300	10,56
			150	5,28
2050	2200	25000	100	5,5
			50	2,75

Следовательно, мероприятия, намеченные ведущими странами — производителями колесных транспортных средств, при их эффективном выполнении обеспечат резкое снижение выбросов парниковых газов до уровня не более чем в 3 Гт в год, т.е. при увеличении парка в более чем в 5 раз выбросы останутся на уровне 2000 года! Вопрос: как на рассматриваемую ситуацию отреагирует авиационный, железнодорожный и во-

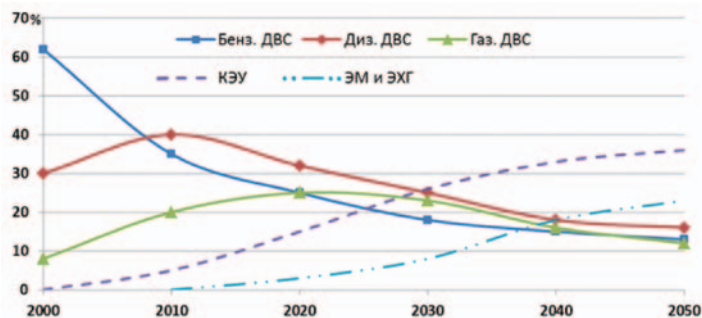


Рисунок 1. Прогноз развития энергетических установок для КТС

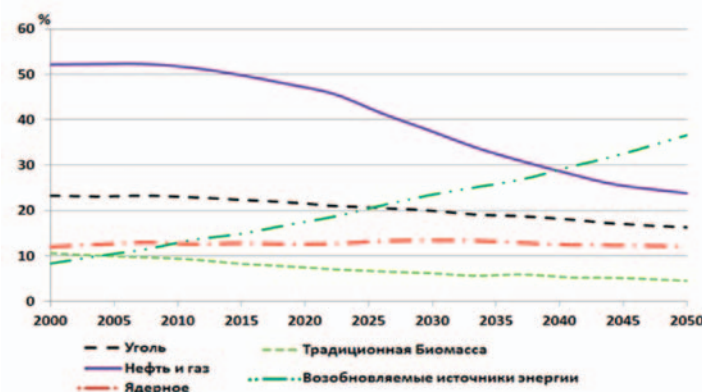


Рисунок 2. Эволюция перераспределения энергоносителей на базе появления новых технологий их получения

дний транспорт и какова их доля в общем валовом выбросе CO<sub>2</sub>.

В настоящее время на фоне значительного роста цен на нефть проблема получения моторных топлив из возобновляемых источников энергии — одна из самых популярных тем в обсуждаемых перспективах развития альтернативной энергетики на базе возобновляемых источников сырья. Однако в имеющихся публикациях и высказываниях прослеживается неоднозначное понимание реальной стоимости и реальных возможностей альтернативных источников энергии, особенно связанных с биологическим воспроизводством — так называемых биоресурсов.

Некоторые исследователи ожидают значительное снижение выбросов CO<sub>2</sub> при замене традиционных нефтяных топлив биотопливом, в частности биодизельным топливом, этанолом и другими. Характерной особенностью биотоплив является то, что сырьё для их производства — возобновляемый ресурс, что экономит невозобновляемые ресурсы. При производстве топлив из растительной массы значительно снижается концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере, так как растения поглощают этот газ для своего роста, однако при сжигании биотоплив в двигателе внутреннего сгорания CO<sub>2</sub> в том же количестве снова попадает в атмосферу. При замене традиционных нефтяных топлив биотопливами проис-

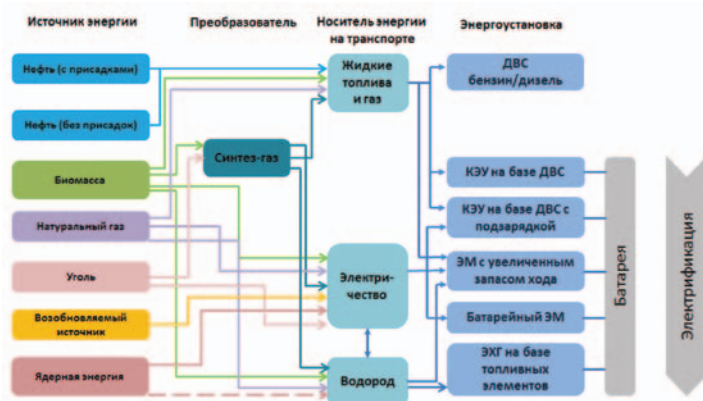


Рисунок 3. Источники энергии, носители энергии и энергоустановки на КТС

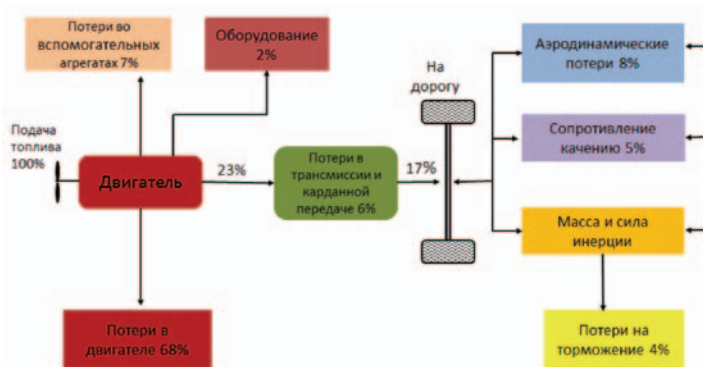


Рисунок 4. Распределение потерь энергии топлива в легковом автомобиле

ходит круговорот  $\text{CO}_2$ , при котором значительного вреда окружающей среде не наносится.

На рис. 1 приведен мировой прогноз развития производства энергетических установок для колесных транспортных средств (КТС), согласно которому к 2020 г. около 20% (а к 2050 г. 50-60%) производимых автомобилей будут с комбинированной энергетической установкой (КЭУ) на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) или электромобили, а в перспективе КЭУ — на базе электрохимических генераторов (ЭХГ) [4].

На рис. 2 представлена версия прогноза до 2050 г. возможного применения энергоносителей сегодня, используемых исходя из тенденций развития энергетических установок.

Серьезный переход на другие возобновляемые (солнечная, водно-ветровая энергия) энергоносители, имеющиеся в неограниченных объемах, произойдет не ранее 2025–2035 гг., и надо быть готовым к этому революционному переходу.

Итак, экологическая безопасность и энергетическая эффективность колесных транспортных средств остаются основной проблемой в мировом автомобилестроении в XXI в.

Наибольшая доля финансирования этой проблемы по-прежнему приходится на Европу и промышленно развитые страны: его объемы там приближаются к 50 млрд. долл. и 82 млрд. долл. соответственно. Это объясняется государственной политикой поддержки, проводимой во многих европейских странах, в том числе и в направлении создания экологичного и энергоэффективного автотранспорта.

Следует отметить, что эффективность использования энергии в России сегодня в 2 раза ниже, чем в США и в 6 раз ниже, чем в Японии [2].

Сегодня мировыми производителями КТС определены основные пути решения этой комплексной проблемы по экологии и энергосбережению. Многие ведущие автомобильные фирмы («Дженерал Моторс», «Форд», «Тойота», «Фольксваген», «Рено-Ниссан» и др.) прорабатывают планы развития своего автомобилестроения на долгосрочную перспективу с учетом внедрения энергосберегающих технологий.

Так, фирма «Дженерал Моторс» на 32-м международном симпозиуме по двигателестроению, состоявшемся в Вене в 2011 г., рассматривала перспективы развития энергоустановок КТС до 2035 г., анализируя перспективные источники энергии (бензин, дизель, газ, электричество и водород) и возможную реализацию этих источников на транспорте: двигатели внутреннего сгорания с использованием бензина, дизельного топлива и газа; комбинированные гибридные энергоустановки на базе ДВС; эти же установки, но с зарядкой от стационарных источников энергии; электромобили с расширенным запасом хода, электромобили с тяговыми аккумуляторными батареями; электрохимический генератор с топливными элементами (рис. 3).

На автомобильном транспорте критерием оценки энергоэффективности колесного транспортного средства всегда являлся расход топлива — или в настоящее время его эквивалент — выбросы парниковых газов (углекислого газа  $\text{CO}_2$ ).

Достижение энергетической эффективности КТС невозможно без оценки экологической и экономической целесообразности (или окупаемости) при внедрении в производство энергоэффективных и экологических мероприятий.

На рис. 4 приведены потенциальные направления (резервы) повышения энергоэффективности в легковом автомобиле с четырехцилиндровым бензиновым двигателем с искровым зажиганием и автоматической коробкой передач.

Из приведенных на рис. 3 и 4 материалов реальными резервами по снижению расхода топлива и снижению выбросов  $\text{CO}_2$ , включая грузовые автомобили и автобусы, могут быть следующие:

- снижение потерь в двигателях и его агрегатах на 12-16%;
- снижение потерь в трансмиссии на 2-4%;

- снижение потерь на сопротивление качению, в том числе с уменьшением потерь в шинах на 4-6%;
- снижение аэродинамических потерь и на торможение или на инерционную составляющую, в том числе за счет снижения массы автомобиля на 5-8%.

Мировой прогноз развития энергетических установок по мнению государственного и частного сектора, приведен в табл. 2.

**Таблица 2.** Перспективы развития энергетических установок на основании данных государственного и частного сектора

Автомобили	2020 г.	2030 г.
Обычные автомобили, в том числе с дизельными двигателями	50-80% 25-50%	30-50% 20-30%
Автомобили с КЭУ (гибриды)	20-30%	30-40%
Электромобили с подзарядкой	15-20%	20-30%

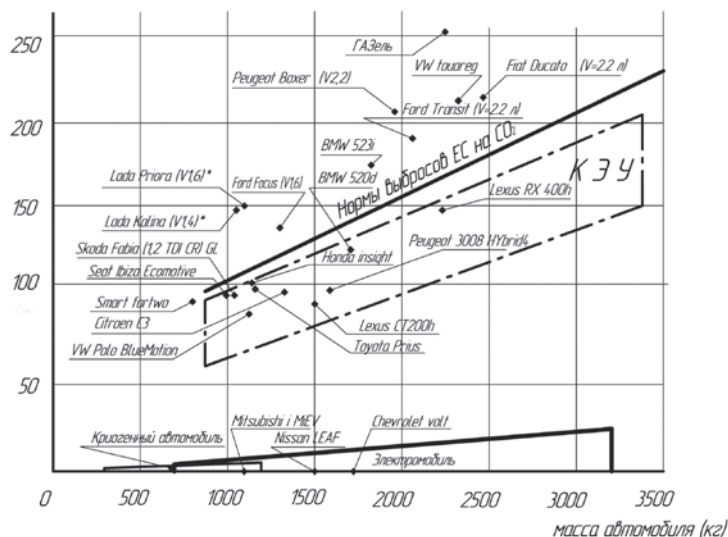
Для грузового транспорта различными источниками прогнозируется, что к 2020 г. до 88% грузовых автомобилей будет оснащаться дизельными двигателями, а 6-12% — газовыми модификациями и комбинированными энергоустановками. На автобусах будет устанавливаться до 55% дизельных двигателей, до 30% двигателей, работающих на газе, свыше 14% — комбинированных энергоустановок. А также будут производиться автобусы с электроприводом (электробусы).

На рис. 5 приведены соотношения норм Евросоюза на выбросы CO<sub>2</sub> автомобилями до 3,5 тонн и нормы выброса CO<sub>2</sub> после 2012 г., а также ориентированный прогноз по резкому уменьшению выбросов от КЭУ и электромобилей с некоторыми результатами по выбросу CO<sub>2</sub> уже сегодня производимыми автомобилями с КЭУ и электромобилями.

Приведенные выше результаты (см. табл. 1) подтверждают реальность снижения выбросов CO<sub>2</sub> до уровня 2020 и 2050 гг. при организации массового производства автомобилей с КЭУ и электромобилей при условии обеспечения ежегодного обновления парка на уровне 10%, начиная с 2020 г.!

Для расчетов и последующего анализа была применена методика ExternE, в которой использовались результаты работ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), проведенные по двум моделям: FUND IVM (Амстердам) и Open Framework (Оксфорд). Полученные значения экономического ущерба находятся в диапазоне от 3,8 до 139 евро/т CO<sub>2</sub>. [5] Для наших расчетов мы приняли средний интервал от 50 до 100 евро/т CO<sub>2</sub>.

В заключение следует подчеркнуть, что сумма предотвращенного экономического ущерба при ежегодном снижении выбросов CO<sub>2</sub> автотранспортом в объеме 0,5 Гт составляет от 250 до 500 млн. евро ежегодно, что сопоставимо с объемом инвестиций для развития производства электромобилей и автомобилей с КЭУ!



**Рисунок 5.** Соотношение норм Евросоюза на выброс CO<sub>2</sub> после 2012 г. и реальные выбросы сегодня производимыми легковыми автомобилями с КЭУ и электромобилями

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ::**

1. Финансирование деятельности по смягчению глобального изменения климата // Серия публикаций по энергетике ЕЭК ООН. Нью-Йорк и Женева. ООН. № 37. 2010.
2. Ипатов А.А., Кутенёв В.Ф., Каменев В.Ф., Фомин В.Ф., Хрипач Н.А., Лежнев А.Ю., Артемов А.А. Разработка автомобилей с гибридной силовой установкой, работающей на водородных видах топлива // Труды НАМИ / ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ». Вып. № 242: Комбинированные энергоустановки автотранспортных средств: сб. науч. ст. — М., 2009. — С. 26-66.
3. Звонов В.А., Козлов А.В., Кутенёв В.Ф., Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле // НАМИ. — М., 2001. — с. 246 с.
4. Energy Technology Perspectives. Scenarios and Strategies to 2050. Paris: International Energy Agency. 2006. 486 p.
5. Кутенёв В.Ф., Козлов А.В., Теренченко А.С. Сопоставительный анализ отечественной и европейской методик оценки ущерба от загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом // Журнал автомобильных инженеров. — М., 2009. — № 5 (58). — С. 46-51.