

**Экология и охрана труда – проблемы автомобильного транспорта
в больших городах и пригородах**

**Павел Сергеевич Орлов¹, Владимир Степанович Шкрабак², Владимир Петрович Дмитренко¹,
Ирина Марковна Соцкая¹, Роман Владимирович Шкрабак², Алексей Сергеевич Ладыгин¹**

¹Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, г. Ярославль, Россия.

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Санкт-Петербург – Пушкин, Россия

e-mail: v.shkrabak@mail.ru

Аннотация. Проблема современности – высокая концентрация автомобилей в городах, связанная с ростом числа личных автомобилей. Пропускная способность большинства улиц городов намного меньше количества сконцентрированных в городах автомобилей, поэтому движение сопровождается пробками. Сделан вывод, что при таком ритме движения существенно растут потери времени, износ деталей двигателя и систем автомобиля и вредные для населения выбросы.

Ключевые слова: экология; парниковые газы; углекислый газ; метан; закись азота; автомобили; эксплуатационные износы; городской пассажирский транспорт.

Для цитирования: Орлов П. С., Шкрабак В. С., Дмитренко В. П., Соцкая И. М., Шкрабак Р. В., Ладыгин А. С. Экология и охрана труда – проблемы автомобильного транспорта в больших городах и пригородах // Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 83–87. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp83-87>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

**Ecology and labor protection – problems of road transport
in large cities and in the suburbs**

Pavel S. Orlov¹, Vladimir S. Shkrabak², Vladimir P. Dmitrenko¹, Irina M. Sotskaya¹, Roman V. Shkrabak², Alexey S. Ladygin¹

¹Yaroslavl State Agricultural Academy, Yaroslavl, Russia

²St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg – Pushkin, Russia

e-mail: v.shkrabak@mail.ru.

Abstract. The problem of today is the high concentration of cars in cities, associated with the growth of the number of personal cars. The capacity of city streets is much less than the number of cars, so traffic is accompanied by traffic jams in front of traffic lights. It is concluded, that with such a rhythm of movement, time losses, wear of engine parts and vehicle systems and harmful emissions significantly increase.

Keywords: ecology; greenhouse gases; carbon dioxide; methane; nitrous oxide; automobiles; operational wear and tear; urban passenger transport.

For citation: Orlov P. S., Shkrabak V. S., Dmitrenko V. P., Sotskaya I. M., Shkrabak R. V., Ladygin A. S. Ecology and labor protection – problems of road transport in large cities and in the suburbs. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(2): 83–87. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp83-87>.

Введение. Изменение климата на земном шаре связано с ростом выбросов в атмосферу парниковых газов, основным из которых является углекислый газ CO₂. Разработкой мероприятий по решению этой глобальной проблемы занимаются специалисты ведущих стран мира, в том числе и работающие при ООН. Все страны обязаны разработать национальные планы, предусматривающие снижение выбросов парниковых газов как за счет совершенствования технологий, так и увеличения площадей с зелеными насаждениями, являющимися поглотителями CO₂.

Большую долю в эти выбросы вносят: не электрифицированный железнодорожный транспорт; автомобили и мобильная автотракторная строительная и сельскохозяйственная техника, эксплуатируемая в городах и в ближайших к ним животноводческих, овощеводческих и садово-ягодных участках пригородов. Поскольку выбросы CO₂ для автомобильного транспорта оцениваются как средняя величина в граммах на километр пробега для всей программы выпускаемых фирмой автомобилей, то производители решают эти проблемы как за счет совершенствования поршневых двигателей, добиваясь снижения расхода топлива, так и выпуска гибридных электромобилей.

Несмотря на экологические стандарты по выбросам вредных веществ двигателями автотракторной техникой, повышенная их концентрация и специфика движения в пробках ведут к тому, что загазованность воздуха в городах намного превышает средний уровень. Кроме того, экологи в последние годы стали учитывать твердые частицы, находящиеся во взвешенном состоянии и являющиеся продуктами износа шин, систем тормозов, износа дорожного полотна.

Методика исследований базировалась на изучении ситуации с выбросами вредных веществ при эксплуатации автотракторной техники, анализе выполненных исследований по проблеме и влиянии этих выбросов на экологию окружающей среды. При этом особое внимание уделялось источникам этих выбросов, их динамике, причинам и путям минимизации за счёт организационных и инженерно-технических решений, доступных сегодня науке и пра-





ктике с учётом стоимостных факторов. В поле зрения исследований находились в основном вредности, выделяемые наземным транспортом в виде двуокиси углерода, метана и закиси азота.

Результаты исследований. На сегодняшний день убедительно обоснованы закономерности изменения климата на земном шаре. Даже скептики, утверждавшие, что изменения температуры находятся в пределах циклических колебаний, согласились с тем, что повышение средней температуры атмосферы Земли является в том числе результатом деятельности человека.

Некоторые вредные для людей газы, накапливаясь в атмосфере, создают радиационное воздействие, ведущее к нагреву атмосферы инфракрасным длинноволновым излучением от поверхности планеты, вызывая парниковый эффект. Первым в перечне этих газов называют углекислый газ CO_2 . В 1920 г. содержание в атмосфере CO_2 было порядка 300 ppm/v (300 частей на миллион - 0,03 % по объему), в 1995 году 360, а в 2018 г. - 408 ppm.

С 1990 по 2018 г., – за 28 лет, суммарное радиационное воздействие газов, вызывающих потепление, возросло на 43 %. Из этого прироста на долю CO_2 приходится 80 %. Образуется CO_2 при сгорании любых веществ, содержащих углерод.

Вторым газом, вызывающим парниковый эффект, называют метан CH_4 . Содержание метана в атмосфере, когда его только начинали фиксировать, было около 720 частей на миллиард, а в 2018 г. его содержание возросло в 2,6 раза и составило 1870 частей на миллиард. Содержание в атмосфере CH_4 намного меньше, чем CO_2 , но его радиационное воздействие примерно в 20 раз больше CO_2 . Ученые считают, что на долю метана приходится 17 % радиационного воздействия.

Метан поступает в атмосферу в результате утечки при газодобыче, при транспортировке его по газопроводам, при использовании его потребителями, в том числе и автотранспортом. Источником метана являются и заболоченные поверхности земли, захоронения, продукты гниения. В угольных шахтах почти всегда выделяется взрывоопасный метан, а система шахтной вентиляции выбрасывает его в атмосферу.

Третий газ – закись азота N_2O . Содержание его в атмосфере в 2018 г. было 331 частей на миллиард, в 1,23 раза больше, чем при первых замерах. В сравнении с CO_2 закись азота обладает в 310 раз большей парниковой активностью. На долю N_2O приходится 6 % от общего радиационного воздействия. Образуется N_2O при сжигании биомассы, в процессе производства азотных удобрений (азотной кислоты). Присутствует N_2O и в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания.

Комитет ООН по окружающей среде в 1992 г. принял конвенцию об изменении климата, назвав причиной потепления накопление в атмосфере кроме перечисленных выше еще трех «не озонирующих» атмосферу газов [1]:

- гидрофторуглеродов $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$, появляющихся при производстве холодильного оборудования, огнетушителей, чистящих веществ;

- перфторуглеродов CF_4 , CF_6 , используемых при литье алюминия;

- гексафторида серы SF_6 , используемого при литье магния и при изготовлении высоковольтных выключателей.

Перечисленные не поддерживающие дыхание газы обладают высокой парниковой активностью, превосходящей активность CO_2 в тысячи раз, но вследствие их низкого содержания в атмосфере общее радиационное воздействие, приходящееся на них, не более 1...2 %. Образование этих газов связано с деятельностью человека и снижение их выбросов решается изменениями или совершенствованиями технологических процессов.

Таким образом, основные ингредиенты, определяющие потепление климата, это CO_2 , CH_4 и N_2O . Их называют долгоживущими. Следует отметить, что процессы, происходящие в атмосфере, очень сложны. Принятая модель парникового эффекта постоянно уточняется за счет учета многих факторов, которые сегодня рассматриваются в упрощенной форме. Некоторые зависимости корректируются, совершенствуются методы контроля выбросов газов в разных странах. Но основные задачи, стоящие сегодня перед специалистами, это снижение выбросов в атмосферу этих газов.

Конкретные цели и мероприятия по снижению скорости возрастания парникового эффекта определены Парижскими соглашениями по климату, принятыми 12 декабря 2015 г. сессией конференции стран Рамочной конвенции ООН об изменении климата, обязывающие страны вести работы по снижению выбросов в атмосферу парниковых газов по трем направлениям – за счет совершенствования технологических процессов, увеличения площадей с зелеными насаждениями, посредством помощи развивающимся странам в освоении новых современных технологий.

В настоящее время температура на планете на 0,75 °C выше, чем среднегодовые показатели в 1850-1900 годах. Цель Парижских соглашений удержать потепление к 2100 году в пределах 1,5 градуса. Одним из этапов соглашения является сокращение к 2030 году выбросов парниковых газов до 70 % относительно уровня 1990 года с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов.

На сентябрь 2019 г. Парижские соглашения обязательны для 186 стран. Участники соглашения обязуются принять национальные планы по снижению выбросов, технологическому перевооружению и адаптации к изменению климата. Эти планы должны пересматриваться каждые 5 лет. Основное внимание должно быть уделено выбросам углекислого газа. За 2018 год общее количество выбросов в атмосферу CO_2 составило 33,9 млрд т. Из этого количества половина приходится на 3 страны, Китай – 27,8 %, США – 15,2 % и Индию – 7,3 %. На долю России приходится 4,6 % – около 1,6 млрд т [2].

Постановлением Правительства РФ № 1228 от 21 сентября 2019 года принято решение о согласии России на обязательности для нее Парижского соглашения. Специалисты РФ в области энергетики и промышленности считают, что для выполнения обязательств достаточно строгого и точного учета поглощающей способности лесов и реализации уже запланированных программ. Например, это переход на использование современных доступных технологий, ужесточение требований к выбросам автомобильного и железнодорожного транспорта, стимулирование утилизации попутного нефтяного газа. Выбросы парниковых газов можно сократить не только внедрением эффективных технологий, но и за счет увеличения площади поглощения – восстановлением лесов.

Один гектар леса в течение года может поглотить до 10 т CO_2 . В РФ леса занимают 46 % территории и на одного жителя приходится 5,4 га леса, в США 1,7 га/чел, в Германии 0,13 га/чел. Правительство РФ утвердило «Стратегию развития лесного комплекса до 2030 года». Одной из важных задач является сведение к минимуму потерь от ле-



сных пожаров. Каждый год тысячи и даже миллионы гектаров леса сгорают. Из поглотителя углекислого газа леса в этом случае становятся его источником. Поэтому требуется постоянный контроль пожароопасных территорий, а при фиксации возгорания необходима локализация их в кратчайшие сроки. Это сложная проблема, требующая больших финансовых затрат и разработки нестандартных решений. Это касается не только лесов Сибири. В Ярославской области уже не один год контроль за возгораниями осуществляет авиация, а с 2021 года в РФ вводятся жесткие ограничения на сжигание мусора дачниками и разведение костров отдыхающими.

В РФ доли выбросов CO_2 и CH_4 составляют 76,4 и 17,8 % соответственно. Что касается выбросов CH_4 , то контроль за утечками газа на всех этапах добычи, транспортирования и потребления должен быть обязательным. В местах возможных утечек должны быть датчики, фиксирующие утечку газа, и устройства, перекрывающие поступление газа к дефектному узлу.

Что касается выделений метана из болот, то попытка осушения болот и их рекультивация для земледелия привела к появлению неконтролируемого горения торфа и пришлось подводить воду и заболачивать эти территории. Решение этих проблем должны вырабатывать специалисты с учетом комплекса проблем.

Автомобильный и неэлектрифицированный железнодорожный транспорт вносят существенную долю в общие выбросы в атмосферу окиси углерода. В странах Западной Европы эта доля составляет около 20 %. Чуть больше половины этой доли, 12 % выбрасывают легковые автомобили. Углерод любого топлива: природного газа, бензина, дизельного топлива, биотоплива, спиртов, при сгорании образует CO_2 . Один моль углерода (12 г) при сгорании окисляется одним молекул кислорода O_2 (32 г), образуя один моль CO_2 (44 г). Один килограмм углерода при сгорании образует 3,37 кг CO_2 . Выбросы CO_2 автотракторной техникой зависят от величины расхода топлива и процентного содержания в нем углерода. По такой же схеме рассчитывают выбросы CO_2 , производимые котельными, тепловыми электростанциями, промышленными предприятиями и другими стационарными технологическими процессами.

Производители автомобилей вначале добровольно приняли на себя обязательства обеспечивать средний уровень выбросов CO_2 . В 2000 г этот уровень был 140 г/км. При определении среднего уровня учитывалось количество проданных автомобилей и уровень выбросов каждого из них. Выбросы 140 г/км производили автомобили с бензиновыми двигателями, у которых расход топлива около 5,8 л/100 км в смешанном цикле, 5,25 л/100 км – у автомобилей с дизелями. Производители могут выпускать легковые автомобили с мощными двигателями, у которых выбросы CO_2 превышают установленный уровень, но одновременно они должны выпускать маленькие автомобили с низким расходом топлива, чтобы уложиться в средний уровень.

Средний уровень выбросов постоянно снижался. Уровень в 120 г/км производители достигли в 2012 г. К 2021 этот уровень составил 95 г/км. Такой низкий уровень производители обеспечивают прежде всего за счет выпуска гибридов и электромобилей. Но и поршневые двигатели совершенствуются: за счет применения турбонаддува, перевода двигателей с бензина на газ, систем выключения двигателя при стоянке перед светофором и других мероприятий.

В Европе приняты налоговые послабления для владельцев автомобилей с низкими выбросами CO_2 . Например, в Великобритании владельцы автомобилей с выбросами не более 100 г/км освобождаются от налога на расход топлива, если выбросы не более 120 г/км – налог 35 фунтов стерлингов (50 Евро), не более 150 г/км – налог 115 фунтов, не более 165 г/км – налог 140 фунтов стерлингов.

В 2020 году Евросоюз ввел новые нормативы и правила. К 2030 году средний уровень выбросов CO_2 легковыми автомобилями должен снизиться до 66 г/км. В 2025 г. будет установлен промежуточный уровень. У грузовых автомобилей, начиная с 2020 г., выбросы CO_2 должны снижаться каждый год на 3 %.

Снижение выбросов грузовыми автомобилями обеспечивается за счет реализации комплекса мероприятий, основными из которых являются:

- модернизация аккумуляторной топливной системы, обеспечивая повышение давления непосредственно в форсунке (система X-Puls), что позволяет при давлении топлива в аккумуляторе до 1160 бар обеспечивать давление в форсунках до 2700 бар [3];

- настройки системы турбонаддува на эффективную работу двигателя в зоне низких частот вращения коленвала и установки в системе выпуска силовой турбины (турбокомпаунд);

- контроля давления в шинах и температуры шин;

- тщательной доводки элементов аэродинамики формы автопоезда для снижения коэффициента аэродинамического сопротивления;

- дополнительно к системе активного круиз – контроля (ACC) установки системы PPC. В систему ACC внесена карта рельефа местности, а датчик GPS сравнивает местоположение автомобиля с 3D картами и компьютер автомобиля, управляя трансмиссией, выбирает оптимальную скорость, обеспечивающую минимальный расход топлива для этих условий движения. Если систему ACC дополнить PPC, то можно установить верхний и нижний пределы отклонения скорости. Поэтому при движении на спуске автомобиль увеличит скорость на установленное отклонение и увеличение кинетической энергии автомобиля будет использовано для преодоления следующего за спуском подъема. Установка нижнего предела позволит преодолеть подъем с меньшими затратами энергии. Такое дополнение позволяет экономить около 5 % топлива. Сегодня около 70 % проданных в Европе автопоездов оснащены такими системами.

Если производители не смогут снизить средний уровень выбросов, то их будут штрафовать – 95 Евро за каждый лишний грамм CO_2 . Одновременно Евросоюз выделил деньги на создание придорожных станций быстрой зарядки для электромобилей и на разработку более совершенных энергоемких аккумуляторных батарей.

Помимо токсичных газов, выбрасываемых автомобилями, вблизи дорог присутствуют твердые частицы, образующиеся при износе шин, деталей тормозной системы и дорожного покрытия [4]. Большая часть этих твердых частиц размером от 0,3 до 1 мкм находятся во взвешенном состоянии и при попадании в легкие трудно выводятся



и могут вести к серьезным заболеваниям. Ученые ведут исследования этих проблем. Называют среднюю интенсивность изнашивания шин легковых автомобилей 0,13 г/км, для автомобилей грузоподъемностью до 3 т – 0,32 г/км, для автобусов 1,5 г/км. Износ дорожного покрытия примерно в 4 раза больше износа шин. Износ тормозных колодок легкового автомобиля составляет 0,017 г/км, грузового – 0,084 г/км, автобуса – 0,110 г/км. Суммарно эти выбросы значительно превышают выбросы твердых частиц выхлопными газами автомобилей [5].

Типовой рецептурой для резиновых смесей, используемых для производства шин, являются сложный состав углеводородов, содержащихся в сырой нефти. Они составляют 30 – 40% резиновой смеси, остальное – каучук и углеродистая сажа. Шины из такой резины имеют низкий коэффициент сопротивления качению. Мировые лидеры в производстве шин ищут замену сырой нефти на натуральные масла для резиновых смесей.

При изготовлении асфальтобетонного покрытия дорожного полотна используют гудрон. Это высокомолекулярные углеводороды и смолистые фракции асфальтов – отходы переработки нефти. Поэтому в асфальтовом покрытии дорожного полотна канцерогенных веществ содержится больше, чем в шинах. Следовательно, проблемы загрязнения атмосферы должны рассматриваться как с учетом выбросов токсичных газов двигателями автотранспортных средств, так и результатами их эксплуатации, учитывая износ шин, деталей тормозной системы и дорожного покрытия, в том числе с учетом пылеобразования при проведении полевых сельскохозяйственных работ (заготовка сена, уборка зерновых и др.) и в строительстве.

Изложенное позволяет понимать суть глобальной проблемы потепления и правильно реагировать на решения и ограничения, принимаемые международным сообществом. Но жителей РФ (как и других стран), особенно жителей городов, беспокоят прежде всего проблемы сегодняшнего дня, связанные с автомобильным транспортом. На 1 января 2019 года парк автотранспортных средств в РФ насчитывал 57,5 млн единиц и количество их растет. Прогнозы специалистов свидетельствуют, что если в 2017 г. число автотранспортных средств в мире составляло 1,2 млрд ед., то к 2050 году их количество вырастет до 2,5 млрд ед., причем спрос на грузовые автомобили вырастет на 60 %, а на пассажирские – более чем на 40 %. При этом доля нефтепродуктов в общем объеме потребления автотранспортом снизится с 93 до 50–60 %, а доля альтернативных видов топлива увеличится с 7 до 40–50 %. Эти прогнозы показывают, что загруженность дорог будет расти.

Несколько лет подряд Москва и Санкт-Петербург входят в десятку городов по степени загруженности дорог, движение транспорта сопровождается заторами и пробками. Водители Москвы в 2018 г. провели в пробках в среднем по 210 ч. В сравнительно небольшом Ярославле утренние, полуденные и послеобеденные пробки снижают скорость перемещения автотранспорта до скорости передвижения пешехода. При движении в пробках водитель трогается и через 2–3 м движения останавливается. Таких троганий с остановками водитель делает до 18 тыс. в год. В таком режиме движения двигатель подвержен повышенному износу. Скорость перемещения автомобиля при движении в пробках намного меньше минимальной скорости на первой передаче при минимальной частоте вращения вала двигателя. Поэтому движение в пробке обеспечивается только за счет пробуксовывания сцепления, когда накладки сцепления подвергаются интенсивному износу. Повышенному износу подвержены детали механизма переключения передач, и трансмиссии. Система охлаждения двигателя работает в сложных условиях, когда резко возрастает частота включения вентилятора. Работа двигателя на холостом ходу не является оптимальным режимом для выброса токсичных газов. Существенно увеличивается расход топлива и выбросы углекислого газа.

Суммарные выбросы токсичных газов в РФ за 2018 год составили 32,33 млн т, из них на автомобильный транспорт приходится почти половина этого количества – 15,1 млн т. Из 15,1 млн т выбросы в Москве составляют 934 тыс. т, а в Московской области 805,4 тыс. т: т.е. 11,5 % общих токсичных выбросов от автомобилей приходится на Москву и Московскую область. Самая высокая концентрация транспортных средств в городах, поэтому в атмосфере городских улиц наблюдается повышенное содержание токсичных веществ и этим воздухом дышат водители, пассажиры, жители домов вдоль дорог. В Ярославле и даже в более мелких городах эти проблемы не намного меньше, чем в Москве. Пиковые нагрузки на дорогах отмечаются в утренние часы, когда работники на своих машинах едут на работу, и в вечерние, когда они возвращаются домой.

В Москве в середине 2020 года в период самоизоляции специалисты Мосэкомониторинга зафиксировали понижение концентрации загрязняющих веществ в воздухе в сравнении с серединой 2019 года [5]. Личных автомобилей на дорогах стало в два раза меньше, чем год назад, и поскольку машины являются основным источником выбросов, то и произошло их снижение. Зафиксировано снижение окиси углерода в 1,6 раза, диоксида азота в 1,9 раза, оксида азота в 2,5 раза, диоксида серы в 1,5 раза, взвешенных частиц – в 1,3 раза.

Эти данные свидетельствуют в пользу развития и совершенствования городского пассажирского транспорта. Если городской транспорт сможет доставить пассажиров практически в любое место города и пригородной зоны с короткими, строго выдерживаемыми интервалами движения, то многие владельцы автомобилей предпочтут его для поездки на работу. В этом случае снизится загруженность дорог, уменьшится количество аварийных ситуаций, создающих длительные задержки, станет чище воздух и снизятся выбросы в атмосферу углекислого газа. Для этого городской транспорт должен быть укомплектован оптимальным количеством автобусов большого, среднего классов и микроавтобусами.

Следует отметить, что выпускаемые в РФ последние модели автобусов большого класса ЛИАЗы и среднего класса ПАЗы соответствуют строгим современным стандартам на перевозку пассажиров и выглядят довольно привлекательными. В мае 2020 г. Поступили в продажу новые модели микроавтобусов «ГАЗель City». Автобус рассчитан на перевозку 22 пассажиров. Он имеет 17 посадочных мест и 5 человек могут ехать стоя. И очень важно, что вся эта техника производится в РФ. Целесообразно весь городской пассажирский транспорт перевести на газ. Разработан автобус ЛИАЗ – 5292 LNC. Топливом для него является сжиженный природный газ, который при температуре минус 162 градуса переходит в жидкое состояние, его объем уменьшается в 600 раз. На этом автобусе установлен криогенный бак с высокой степенью теплоизоляции. Емкость бака 375 литров, что обеспечивает пробег 300 км, двигателя ЯМЗ – 536. Перевод на газ двигателей автобусов ПАЗ и «ГАЗель City» не представляет большой сложности. Природный газ сжи-



мают до 200 бар и хранят в баллонах. Упомянутый выше автобус ЛИАЗ при эксплуатации в городе может работать и на сжатом газе. Пробег при одной заправке уменьшится, но специфика работы в городах позволяет делать заправки на конечных стоянках. Для небольших городов может быть достаточно одной или двух газовых заправочных станций.

Это задачи сегодняшнего дня. Реализация этих программ должна предусматривать и увеличение выпуска автобусов разного класса, и постоянную их модернизацию, и совершенствование всей структуры технического обслуживания, ремонта, контроля технической готовности машин, т.е. всего того, что обеспечивает выход на улицы технически исправной техники. Сотни предприятий, поставляющих для машин комплектующие, оборудование для технического обслуживания и ремонта, должны получить финансовую помощь от государства для приобретения оборудования и освоения современных технологий. Должны финансироваться перспективные разработки. Программа «Городской пассажирский транспорт» должна стать одной из государственных приоритетных программ.

Перспективные направления совершенствования городского транспорта изложены в работах [7, 8]. Это развитие электротранспорта, троллейбусов, трамваев. В этом плане нужно отметить перспективную разработку, которую ведут петербургский Горэлектротранс совместно с филиалом «ЦНИИ СЭТ ФГУП Крыловского государственного научного центра». Идут испытания трамвая, на котором установлен в качестве источника электроэнергии топливный элемент. Этому трамваю не нужна контактная сеть и тяговые подстанции. Водород хранится в баллонах. У трамвая нет вредных выбросов, нет износов шин, нет износов дорожного полотна, у него только продукты износа механизма тормозов. Но учитывая рекуперацию (при торможении электродвигатель будет работать в режиме генератора), эти износы будут минимальными. Коэффициент сопротивления качению стального колеса по рельсу 0,001, поэтому КПД может достигать 60 %. У автомобиля при качении шин по асфальту этот коэффициент 0,005–0,010. Такая же схема может быть применена и для троллейбусов.

Заключение. Проблемы потепления климата на планете связаны с выбросами в атмосферу углекислого газа, метана и закиси азота. В эти выбросы существенную долю вносит автомобильный транспорт. Остроту этих проблем можно снизить, развивая более высокими темпами двигатели городского транспорта.

Производители автомобилей ведут работы по снижению выбросов парниковых газов автомобилями.

Кроме токсичных газов, выбрасываемых двигателями автомобилей, в зоне дорог присутствуют продукты эксплуатации автомобилей – пыль от износа сцеплений, шин, систем тормозов, дорожного полотна.

Массовое использование личных автомобилей жителями городов ведет к высокой концентрации автомобилей на улицах и создает проблемы с пробками, высокой загазованностью воздуха, повышенными выбросами в атмосферу углекислого газа.

Ситуацию может существенно улучшить развитие городского транспорта. Для этого должна быть разработана программа «Городской пассажирский транспорт», которая должна стать государственной приоритетной финансируемой программой и, самое главное, она должна предусматривать увеличение выпуска автобусов большого и среднего классов, микроавтобусов, выпуск сервисного оборудования, перевод городского транспорта с поршневыми двигателями на газ. Должно быть предусмотрено финансирование перспективных разработок в том числе для строительной и сельскохозяйственной автотракторной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кульчицкий А. Р., Эфрос В. В. Транспорт и парниковые газы // Автомобильная промышленность. 2005. № 6. С. 5–8.
2. Экология и экономика: динамика загрязнения атмосферы страны в преддверии ратификации Парижского соглашения. Бюллетень аналитического центра при Правительстве РФ // Автомобильный транспорт. 2019. № 12. С. 26–35.
3. Ладыгин А. С., Орлов П. С., Перепелин А. П. Анализ путей повышения эффективности топливных систем дизелей // Инновационные направления механизации сельскохозяйственного производства и обслуживания сельскохозяйственной техники: сб. науч. трудов по материалам Нац. науч.-практ. конф. 6 – 7 декабря 2017 г. Ярославль, 2018. С. 52–55.
4. Азаров В. К., Васильев А. В., Гайсин С. В. Причины возникновения смога в крупных городах // Вестник машиностроения. 2016. № 7. С. 86–88.
5. Гайсин С. В., Кутенев В. Ф. Влияние конструкции автомобиля на выбросы твердых частиц в окружающую среду крупных городов // Вестник машиностроения. 2020. № 1. С. 84–88.
6. mos.Ru / news / item / 73469073 / май 2021.
7. Соцкая И. М., Соцкая Е. В. Электрический транспорт на современном этапе развития // Инновационный путь развития АПК: сб. науч. тр. по материалам XLМеждунар. науч.-практ. конф. Ярославль, 2017. С. 351–355.
8. Орлов П. С., Соцкая И. М. Электротехнологии, охрана труда и транспорт // Вестник АПК Верхневолжья. 2021. № 4. С. 80–85.

REFERENCES

1. Kulchitsky A. R., Efros V. V. Transport and greenhouse gases. *Automotive industry*. 2005; 6: 5–8.
2. Ecology and economy: dynamics of air pollution in the country on the eve of the ratification of the Paris Agreement. Bulletin of the analytical center under the Government of the Russian Federation. *Automobile transport*. 2019; 12: 26–35.
3. Ladygin A. S., Orlov P. S., Perepelin A. P. Analysis of ways to improve the efficiency of diesel fuel systems. *Innovative directions of mechanization of agricultural production and maintenance of agricultural machinery*. Yaroslavl, 2018, pp. 52–55.
4. Azarov V. K., Vasiliev A. V., Gaisin S. V. Causes of smog in large cities. *Bulletin of mechanical engineering*. 2016; 7: 86–88.
5. Gaisin S. V., Kutenev V. F. Influence of car design on emissions of solid particles into the environment of large cities. *Bulletin of mechanical engineering*. 2020; 1: 84–88.
6. mos.Ru / news / item / 73469073 / May 2021.
7. Sotskaya I. M., Sotskaya E. V. Electric transport at the present stage of development. *Innovative path of development of the agro-industrial complex*. Yaroslavl, 2017: 351–355.
8. Orlov P. S., Sotskaya I. M. Electrotechnologies, labor protection and transport. *Bulletin of the AIC in the Upper Volga region*. 2021; 4: 80–85.

Статья поступила в редакцию 14.09.2021; одобрена после рецензирования 22.09.2021; принята к публикации 10.10.2021.
The article was submitted 14.09.2021; approved after reviewing 22.09.2021; accepted for publication 10.10.2021.