

EDN: MSAWOK

УДК 621.43.068

Т. И. САВЕНКОВА, Е. А. ВЛАСЕНКОФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», Российская Федерация,
Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевка, г. Макеевка

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА РАЦИОНАЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация. В статье рассмотрены основные пути снижения вредных выбросов от автомобильного транспорта и обосновано соответствующее направление, основанное на рациональном регулировании агрегатов силовой установки в заданных режимных эксплуатационных условиях с целью уменьшения удельных выбросов вредных веществ в атмосферу. Реализацию данного подхода предложено осуществлять путем численного моделирования процесса движения автомобиля в условиях выбранного ездового цикла. Для этого необходима разработка имитационных моделей ряда характеристик автотранспортного средства, что в первую очередь требует совершенствования методов и средств экспериментального определения состава отработавших газов двигателей внутреннего сгорания с учетом влияния динамики неустановившихся режимов работы, а также их конструктивных и регулировочных параметров. Предполагается, что данный подход позволит разработать стратегию регулирования силовой установки, состоящую преимущественно из режимов работы двигателя, обладающих наибольшей экологичностью; ожидается, что результаты могут быть применены также для создания алгоритмов управления перспективными автомобильными силовыми установками, в т. ч. и гибридного типа.

Ключевые слова: отработавшие газы, вредные вещества, токсичность, ездовой цикл, двигатель внутреннего сгорания, автомобиль.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Автомобильный транспорт (АТ) по отношению к другим видам наземного транспорта продолжает оставаться наиболее ресурсоемким и опасным для населения и окружающей среды. Согласно данным Министерства транспорта Российской Федерации, АТ расходует более 60 % производимого топлива нефтяного происхождения, 70 % трудовых ресурсов, вызывает более 96 % дорожно-транспортных происшествий. На него приходится, согласно оценкам [1], 40...50 % загрязнения окружающей среды, в том числе в крупных городах – 60...70 %, а в мегаполисах – более 85 %.

Существенно повысились государственные требования к комплексной безопасности АТ: его техническому состоянию, дорожной и экологической безопасности автотранспортных средств при производстве и эксплуатации, которые приближаются к международным. Так, одной из наиболее значимых составляющих понятия комплексной безопасности, является экологическая безопасность АТ.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха отработавшими газами путем повышения экологической безопасности двигателей автотранспортных средств посвящены работы Р. В. Малова, В. Н. Ерохова, В. Е. Васьяковского, В. А. Вагнера, А. Б. Дьякова, С. Д. Погорелова, В. Ю. Шевченко, Я. А. Борщенко, А. В. Николаенко, Ю. А. Шапошникова и др.

Цель работы состоит в определении основных путей снижения удельных выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта в атмосферу и в обосновании соответствующего направления, основанного на рациональном регулировании агрегатов силовой установки в заданных режимных эксплуатационных условиях.

© Т. И. Савенкова, Е. А. Власенко, 2024



ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В конце 60-х годов в США и Японии правительственные комиссии разработали законодательные акты об обязательном снижении уровня токсичных выхлопов для новых автомобилей. В 1968 г. в ФРГ принято положение о мерах, направленных против загрязнения воздуха, которое положило начало стандартам «Евро» на автомобильном транспорте. Актуальная версия (Евро-6) этого стандарта в зависимости от типа ДВС ограничивает содержание следующих вредных веществ в отработавших газах: оксид углерода (СО), оксиды азота (NOX), углеводороды (СН), взвешенные частицы (РМ); кроме того, введено ограничение на выбросы парникового газа- диоксида углерода (СО₂). Новый стандарт Евро-7, планируемый к введению в 2025 г, содержит в значительной мере более ужесточенные нормы по выбросам [2].

Т. к. большая часть автомобилей эксплуатируется в крупных городах с высокой интенсивностью движения, то для работы в указанных условиях характерна высокая степень неравномерности движения - частые остановки и последующий разгон. В связи с этим, в настоящее время на предмет соответствия требованиям экологических стандартов фактические удельные выбросы этих веществ на единицу пройденного пути определяют с помощью испытаний, выполненных на основе разработанных и систематически актуализируемых ездовых циклов, которые установлены для конкретных категорий автомобилей и включают в себя все эксплуатационные режимы движения [3, 4, 5]. Приоритет при процедуре официального утверждения автотранспортных средств в пользу применения ездовых циклов (комплекса последовательных чередующихся неустановившихся и установившихся режимов работы силовой установки) по отношению к более простым испытаниям силовой установки на установившихся режимах работы отдаётся ввиду значительного влияния динамики разгона автомобиля на показатели его топливной экономичности, а также на экологические качества [6, 7, 8].

Это обусловлено дополнительными затратами энергии при разгоне на преодоление механической инерции, возросшими потерями в трансмиссии, а также рядом процессов в ДВС – при переходе на режим разгона эффективный удельный расход топлива увеличивается, растут величины тепловых, механических и аэродинамических потерь, которые для различных конструкций двигателей могут существенно различаться, но причины этих потерь обуславливаются влиянием одних и тех же факторов, закон изменения которых независимо от конструктивных особенностей двигателя одинаков. К основным причинам, вызывающим ухудшение мощностных и экологических показателей ДВС при его разгоне, относятся: нарушение смесеобразования; несоответствие нового теплового режима тепловому состоянию цилиндра-поршневой группы двигателя; ухудшение наполнения цилиндра свежей смесью; влияние инерции вращающихся масс; несоответствующий новому режиму угол опережения зажигания и нарушение процесса сгорания [8, 9].

Так, например, на режимах разгона по отношению к соответствующим установившимся режимам, может выбрасываться на 47,5 % больше СО и на 57,1 % СН; кроме того, установлено, что расчёт выбросов СО с использованием режимов работы и характеристик токсичности двигателя, полученных на установившихся режимах, даёт результат с ошибкой до 60 %. Повышение содержания оксида углерода также наблюдается при резком увеличении нагрузки на двигатель [10].

Традиционными подходами для современного автомобилестроения являются следующие пути улучшения экологических качеств в условиях заданной закономерности изменения режимов движения (например, в условиях рассматриваемых стандартизированных ездовых циклов):

1. Снижение затрат работы на преодоление сил сопротивления движению (совершенствованием аэродинамических качеств кузова, применением материалов с большей удельной прочностью для снижения снаряженной массы и увеличения весовой отдачи автомобиля). В настоящее время этот процесс, с учетом удовлетворения требованиям по прочности, жесткости и пассивной безопасности, сопровождается значительным удорожанием конструкции и, как правило, не даёт однозначного повышения экономической эффективности его эксплуатации. Габаритные размеры и форма кузова принимаются в соответствии с преобладающими режимами движения и назначением автотранспортного средства и, в значительной мере, влияют на его экономичность и экологичность, в основном, при движении по магистралям.

2. Совершенствование рабочих процессов агрегатов силовой установки автомобиля. В рамках этого подхода известно несколько направлений снижения выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами, выделяемыми автомобилями:

- совершенствование процесса сгорания в ДВС за счет оптимизации контроля и настроек систем, оказывающих влияние на качественную и количественную составляющие выбросов, в т. ч. применение комплексных микропроцессорных систем управления рабочими процессами ДВС;
- повышение качества топлива, использование его альтернативных разновидностей, включая многотопливные системы;
- установка систем очистки отработавших газов в системы выпуска и использование разных методов очистки выхлопных газов от вредных веществ;

- применением гибридных силовых установок;
- совершенствование систем управления силовыми установками, за счёт выбора рациональных режимов работы агрегатов [11, 12].

Научно-практическая реализация последнего направления требует, во-первых, наличия методики математического моделирования процесса движения автомобиля, основанной на функциональных зависимостях скоростных и экологических характеристик двигателя, потерь в трансмиссии, а, во-вторых, сопряжена с определенными сложностями связи текущих значений режимных параметров силовой установки с параметрами режима движения.

Таким образом, принимая во внимание величину ожидаемого полезного эффекта, а также сравнительно невысокую итоговую стоимость соответствующих мероприятий, можно сделать вывод, что определенный практический интерес представляет направление по улучшению экологических качеств автомобиля в условиях заданной закономерности изменения режимов движения за счет согласования параметров ДВС и трансмиссии. Данное направление заключается, фактически, в необходимости решения задачи оптимизации, предусматривающей разработку соответствующей методики для поиска таких значений выбранных режимных параметров силовой установки, сочетание которых будет обеспечивать наиболее выгодное из возможных значение выбранного критерия оптимизации – например, удельного выброса конкретного вредного вещества либо комплексного критерия эффективности.

Разрешение приведенных вопросов требует разработки соответствующих методов и средств для экспериментальной оценки изучаемых процессов [9]. Известны исследования, в которых разработаны методы опытного определения эффективных показателей ДВС на неустановившихся режимах работы [8, 9].

Существенный недостаток проведения контрольных испытаний в условиях ездовых циклов – при работе автомобильного двигателя на всех режимах сбор отработавших газов производится по методу CVS в общие емкости [3]. В итоге, полученные результаты дают лишь усредненное представление об экологических показателях ДВС. При этом выделить из получаемых результатов значения выбросов вредных веществ на конкретном неустановившемся нагрузочно-скоростном режиме не представляется возможным. Известны и другие способы определения состава отработавших газов ДВС, которые главным образом применяются для проведения испытаний на установившихся режимах работы двигателя, т. к. обладают значительной инерционностью -временем, необходимым для выполнения анализа отобранной пробы. Это в значительной степени затрудняет исследование экологических показателей ДВС на отдельно взятом неустановившемся режиме.

ВЫВОДЫ

Таким образом, задача совершенствования способов исследования и контроля содержания загрязняющих веществ в отработавших газах, в особенности с учетом неустановившихся режимов работы агрегатов является актуальной. Это позволит более достоверно определять экологические качества автотранспортных средств в реальных условиях эксплуатации, а также путем математического моделирования – для стандартизированных ездовых циклов и в перспективе создавать силовые установки, обладающие рациональными конструктивными и режимными параметрами с позиции защиты окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хасанов, Р. Х. Основы технической эксплуатации автомобилей / Р. Х. Хасанов. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2003. – 193 с. – Текст : непосредственный.
2. European Commission : официальный сайт. – Брюссель. – Обновляется в течение суток. – URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_6495 (дата обращения: 25.12.2023). – Текст : электронный.
3. ГОСТ Р 59890-2021. Автомобильные транспортные средства. выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Технические требования и методы испытаний на базе всемирной согласованной процедуры испытания транспортных средств малой грузоподъемности и испытаний в реальных условиях эксплуатации: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 ноября 2021 г. № 1604-ст : введен впервые : дата введения 2022-04-01 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт "НАМИ"» (ФГУП «НАМИ»). – Москва : Российский институт стандартизации, 2022. – 274 с. – Текст : непосредственный.
4. ГОСТ Р 54810-2011. Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний: : национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 1178-ст : введен впервые : дата введения 2012-09-01 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и авто-

- моторный институт "НАМИ"» (ФГУП «НАМИ»). – Москва : Стандартинформ, 2012. – 23 с. – Текст : непосредственный.
5. Standardised On-Road Test Cycles – SORT : A project of the UITP Bus Committee in a collaboration with manufactures. – Текст : электронный // 54th UITP International Congress, London, 20–25 May 2001. – London : [s. n.], 2001. – 25 p. – URL: http://ec.europa.eu/environment/archives/clean_bus/slides/etienne_sort.pdf (дата обращения: 24.12.2023).
 6. Адясов, А. Ю. Разработка методики выбора передаточных чисел трансмиссии автомобиля на основе рационального сочетания тягово-скоростных свойств, топливной экономичности и токсичности выхлопных газов : специальность 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Адясов Александр Юрьевич ; Нижегородский государственный технический университет. – Нижний Новгород, 2002. – 200 с. – Текст : непосредственный.
 7. Блохин, А. Н. Разработка методики поиска рациональных передаточных чисел трансмиссии с учетом эксплуатационных свойств и назначения автомобиля : специальность 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Блохин Александр Николаевич ; Нижегородский государственный технический университет. – Нижний Новгород, 2006. – 256 с. – Текст : непосредственный.
 8. Савенков, Н. В. Метод выбора передаточных чисел силовой установки автомобиля категории N1 на основе ездового цикла : специальность 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Савенков Никита Владимирович ; Московский автомобильно-дорожный государственный университет. – Москва, 2017. – 206 с. – Текст : непосредственный.
 9. Работа автомобильного двигателя на неуставившемся режиме / Е. М. Акатов, П. М. Белов, Н. Х. Дьяченко, В. С. Мусатов. – Москва, Ленинград : Машгиз, 1960. – 282 с. – Текст : непосредственный.
 10. Гутаревич, Ю. Ф. Снижение вредных выбросов автомобилей в эксплуатационных условиях / Ю. Ф. Гутаревич. – Киев : Вища Школа, 1991. – 178 с. – Текст : непосредственный.
 11. Савенков, Н. В. Анализ способов определения токсичности отработанных газов автомобильного ДВС / Н. В. Савенков, Т. И. Савенкова, Е. А. Власенко // Научно-практический журнал Строитель Донбасса. – 2023. – № 1. – С. 34–38. – Текст : непосредственный. – ISSN 2617-1848.
 12. Савенков, Н. В. Определение расхода топлива бензинового ДВС с рампой тупикового типа при работе на переходных режимах / Н. В. Савенков, С. А. Горожанкин. – Текст : непосредственный // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – № 15. – С. 268.

Получена 01.04.2024

Принята 23.04.2024

TATYANA SAVENKOVA, EKATERINA VLASENKO
IMPROVING THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF MOTOR TRANSPORT BY
RATIONAL REGULATION OF THE POWER PLANT
FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation,
Donetsk People's Republic, Makeevka

Abstract. The article considers the main ways to reduce harmful emissions from road transport and substantiates the appropriate direction based on the rational regulation of power plant units under specified operating conditions in order to reduce specific emissions of harmful substances into the atmosphere. It is proposed to implement this approach by numerically modeling the process of driving a car in the conditions of the selected driving cycle. To do this, it is necessary to develop simulation models of a number of vehicle characteristics, which primarily requires the improvement of methods and means for experimentally determining the composition of exhaust gases of internal combustion engines, taking into account the influence of the dynamics of unsteady operating modes, as well as their design and adjustment parameters. It is assumed that this approach will allow us to develop a strategy for regulating the power plant, consisting mainly of engine operating modes that are most environmentally friendly; it is expected that the results can also be applied to create control algorithms for promising automotive power plants, including hybrid ones.

Keywords: exhaust gases, harmful substances, toxicity, driving cycle, internal combustion engine, car.

Савенкова Татьяна Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование технологии очистки природных и сточных вод с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека; защита окружающей среды от техногенного воздействия.

Власенко Екатерина Александровна – ассистент кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение экологической безопасности эксплуатации автомобильного транспорта.

Savenkova Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, of the Department of Technosphere Safety, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: improving the technology of natural and waste water treatment to reduce the negative impact on the environment and human health; protecting the environment from man-made impacts.

Vlasenko Ekaterina – assistant, of the Department of Automotive Transport, Service and Operation, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: increasing the environmental safety of road transport operation.