

## ТРАНСПОРТ

УДК 629.113.004

Е. С. Сытник, канд. техн. наук, А. И. Черный, О. В. Сафонов

Автомобильно-дорожный институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»  
в г. Горловка

### ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С БЕНЗИНОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Проведен анализ влияния различных факторов на экологические показатели и топливную экономичность автомобиля, рассмотрены пути улучшения указанных показателей легковых автомобилей с бензиновыми двигателями в условиях эксплуатации. Проведен анализ типов систем питания бензиновых двигателей, определены их преимущества и недостатки. Отмечен поиск способов усовершенствования конструкции автомобильных двигателей, как один из вариантов решения вопроса улучшения экологических и топливно-экономических показателей автомобилей в условиях эксплуатации.*

**Ключевые слова:** автомобиль, топливная экономичность, экологические показатели, отработавшие газы, система питания двигателя

#### Введение

Современное общество невозможно представить без транспорта. В 2022 году в России зарегистрировано 64 миллиона автомобилей [1]. Наиболее распространенным видом транспорта является автомобильный, осуществляющий основную массу перевозок пассажиров и грузов (рисунок 1) [2].

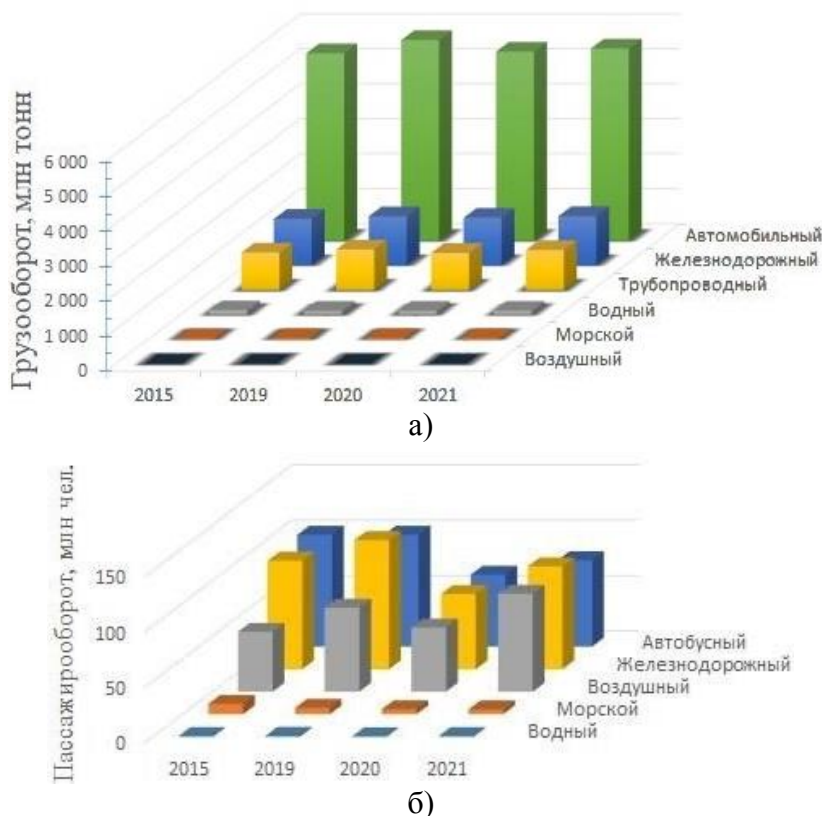


Рисунок 1 – Перевозки грузов (а) и пассажиров (б) транспортом общего пользования по видам сообщения

Обеспечивая свободу передвижения и удобство человеку, автомобильный транспорт является одним из главных источников загрязнения окружающей среды и потребителей нефтяных топлив. В результате сгорания топлива автомобили выделяют в атмосферу вредные вещества, такие как углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), углеводороды ( $\text{C}_m\text{H}_n$ ), оксид углерода  $\text{CO}$  и другие соединения. Эти выбросы являются основным источником загрязнения воздуха в городах и способствуют климатическим изменениям, а также приводят к образованию смога и проблем со здоровьем людей. Динамика выбросов вредных веществ в атмосферу в РФ приведена в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Динамика выбросов вредных веществ в атмосферу в РФ

Вид загрязняющего вещества, тыс. т	2017	2018	2019	2020	2021
Сажа, С	27	28	30	28	27
Оксиды азота, $\text{NO}_x$	1570	1647,7	979,3	949,6	922
Летучие органические соединения	1478	1544	432	416	395
Диоксид серы, $\text{SO}_2$	81	85	37	37	38
Оксид углерода, $\text{CO}$	11195	11701	3745	3639	3499

Следует отметить, что требования топливной экономичности и экологической безопасности автомобильного транспорта являются приоритетными во всем мире. Эти требования учитываются при конструировании двигателей на стадии проектирования. Однако в процессе эксплуатации экологические показатели и топливная экономичность постепенно ухудшаются вследствие износа механизмов и систем двигателей. При этом предельно допускаемые значения указанных показателей не должны превышать значений норм, регламентированных действующими стандартами [4, 5, 6]. Поэтому в условиях эксплуатации актуальными являются вопросы исследования способов улучшения экологических показателей и топливной экономичности автомобилей.

### *Анализ исследований и публикаций*

Вопросы улучшения экологических и топливно-экономических показателей автомобилей решали многие ученые, среди которых Н. И. Мищенко, В. А. Марков, К. Е. Долганов, Ю. Ф. Гутаревич, Н. Я. Говорущенко. Анализ работ указанных авторов [7, 8, 9, 10, 11] показал, что состав отработавших газов автомобильного двигателя зависит от протекания рабочего процесса, непосредственно связанного с типом системы питания, а также ее техническим состоянием и эксплуатационными регулировками.

Оксид углерода образуется в бензиновых двигателях при сгорании топливовоздушной смеси с некоторым дефицитом кислорода, а также вследствие диссоциации диоксида углерода при высоких температурах. Оксиды азота в отработавших газах образуются в результате повышения максимальной температуры рабочего цикла и излишка кислорода [9]. Причиной наличия углеводородов в отработавших газах является неоднородность состава топливовоздушной смеси в камере сгорания двигателя, а также неравномерность температуры и давления в разных ее частях.

**Целью данной работы** является исследование путей улучшения экологических показателей и топливной экономичности автомобилей с бензиновыми двигателями в условиях эксплуатации.

### Основной материал исследований

Ухудшение экологических условий в мире способствует созданию программ по переходу на более безопасные с точки зрения экологических показателей автомобили и ужесточению требований к составу отработавших газов транспортных средств.

Анализ статистических данных свидетельствует о том, что наиболее многочисленную часть автомобильного парка РФ составляют легковые автомобили (таблица 2) [2].

Таблица 2 – Распределение автомобильного парка РФ по видам ТС

Вид транспортного средства	2015	2019	2020	2021
Автобусы	873	869	851	844
Грузовые автомобили	6230	6540	6564	6664
Легковые автомобили	44253	48430	49259	50304
Всего	51356	55839	56674	57812

На 01.01.2021 г. в эксплуатации находилось 66,7 % автомобилей возрастом старше 5,1 года, а автомобилей возрастом свыше 10 лет – 43,9 % (таблица 3) [2]. Кроме того, аналитики рынка автомобилей РФ определили, что количество легковых автомобилей, возраст которых превышает 15 лет, составляет 20 млн единиц [1]. В этот сектор автопарка входят транспортные средства, двигатели которых имеют карбюраторную систему питания, со значительным износом двигателей внутреннего сгорания.

Таблица 3 – Возрастная структура парка легковых автомобилей

Возраст транспортного средства	2010	2015	2019	2020	2021
до 5 лет, %	27,2	28,3	28,9	31,1	33,3
от 5,1 до 10 лет, %	24,6	24,8	23,5	23,2	22,8
более 10 лет, %	48,2	46,9	47,6	45,7	43,9

Увеличение срока эксплуатации ведет к ухудшению эксплуатационных, топливно-экономических и экологических показателей автомобиля [10]. Ввиду того что количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу с отработавшими газами прямо пропорционально техническому состоянию двигателя, его систем и механизмов, а также их регулировкам, можно предположить, что указанные транспортные средства будут наибольшим источником вредных выбросов по сравнению с остальными транспортными средствами автопарка. Поэтому уменьшение расхода топлива и вредных выбросов автомобилями более ранних годов выпуска является актуальной задачей.

Топливная экономичность и экологические показатели автомобилей в условиях эксплуатации определяются факторами, которые делят на группы [11]:

- факторы, определяющие конструктивные особенности автомобиля и двигателя как источника энергии, вредных выбросов, потребителя нефтяных топлив;
- дорожные факторы (общая характеристика дороги, тип покрытия и его характеристики, продольный профиль и план дороги, наличие и тип пешеходных переходов, расстояния между ними, используемый метод управления дорожным движением);
- действия водителя (скорость перемещения органов управления двигателем, момент включения и время переключения передач, рациональное соотношение скорости движения и выбранной передачи в коробке передач, выбранный водителем режим движения);
- факторы, характеризующие условия движения автомобиля в транспортном потоке (интенсивность движения, состав транспортного потока);
- факторы, определяющие климатические условия (температура, влажность, давление воздуха, направление и скорость ветра).

Перечисленные факторы делятся на две группы:

- факторы, которые нельзя изменить в условиях эксплуатации;
- факторы, улучшение которых приведет к снижению уровня вредных выбросов и повышению топливной экономичности автомобиля.

Одним из вариантов решения вопроса улучшения экологических и топливно-экономических показателей является поиск направлений и способов усовершенствования конструкции автомобильных двигателей в условиях эксплуатации с целью приближения указанных показателей к уровню современных требований.

Протекание рабочего процесса в цилиндрах двигателя напрямую связано с типом, техническим состоянием и регулировками системы питания [9, 12]. Системы впрыска легкого топлива с электронным управлением, в отличие от карбюраторных систем питания, обеспечивают высокую точность дозирования и скорость корректировки смеси в зависимости от количества потребляемого воздуха, температурных и атмосферных факторов на всех режимах работы двигателя. Равномерность подачи топлива между цилиндрами и меньшее сопротивление впускного трубопровода увеличивает коэффициент наполнения цилиндров двигателя. За счет этих и других факторов увеличивается мощность, снижаются вредные выбросы и расход топлива автомобиля [13].

Анализ существующих типов систем питания бензиновых двигателей новых автомобилей указывает на полное вытеснение карбюраторных систем питания системами впрыска легкого топлива, которые имеют следующие преимущества перед карбюраторными системами:

- увеличение коэффициента наполнения цилиндров двигателя за счет уменьшения сопротивления во впускном трубопроводе;
- оптимизация состава горючей смеси в зависимости от температурных условий эксплуатации двигателя, а также от атмосферных условий;
- увеличение скорости реагирования топливной системы на изменение режима работы двигателя;
- равномерность распределения топливно-воздушной смеси между цилиндрами двигателя;
- уменьшение общего количества неисправностей за счет усовершенствования конструкции;
- уменьшение количества регулировок во время эксплуатации автомобиля и адаптация к изменению эксплуатационных показателей механизмов и систем двигателя;
- удобство и целесообразность использования катализаторов в системе очищения отработавших газов;
- возможность быстрой корректировки состава топливно-воздушной смеси в зависимости от характеристик топлива и состава отработавших газов;
- возможность использования встроенной диагностики состояния системы питания и сообщения о ее неисправности.

К недостаткам системы впрыска топлива по сравнению с карбюраторной системой питания можно отнести негативное влияние загрязняющих добавок в составе топлива на длительность работы элементов системы питания, а также более высокую себестоимость впрыска легкого топлива.

Согласно ГОСТ Р 52033-2003 [6], нормативные значения содержания оксида углерода СО в отработавших газах при проверке легковых автомобилей выпуска до 1986 г. на режиме минимальной частоты вращения холостого хода составляют 4,5 %. Тем временем, для легковых автомобилей, не оборудованных нейтрализаторами, нормативные значения содержания оксида углерода СО составляют 3,5 %. Исходя из этого, можно сделать предположение, что процедура переоборудования автомобиля, заключающаяся в замене карбюраторной системы

питания системой впрыска топлива, может привести к снижению выбросов оксида углерода СО как минимум на 22 %.

### **Заключение**

Ввиду того что экологические требования к транспортным средствам меняются, возникают противоречия между требованиями к экологическим показателям современных автомобилей и автомобилей более ранних выпусков, которые еще не отработали свой срок службы и находятся в эксплуатации. С учетом преимуществ систем впрыска топлива перед карбюраторными системами смесеобразования, можно предположить, что при установке более совершенной системы питания на автомобиль без изменения остальных узлов и механизмов, возможно получить значительный эффект с точки зрения экологических показателей и топливной экономичности автомобилей, находящихся в эксплуатации.

### **Список литературы**

1. Искендеров, Б. В России зарегистрировано 64 миллиона автомобилей в 2022 году. – Текст : электронный / Б. Искендеров // CarsWeek.ru [сайт]. – 5 апреля, 2022 г. – URL: [https://carsweek.ru/news/world\\_news/1255517/](https://carsweek.ru/news/world_news/1255517/).
2. Транспорт в России. 2022: статистический сборник / Росстат. – Москва, 2022. – 101 с.
3. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад. – Москва : Минприроды России ; МГУ имени М. В. Ломоносова, 2022. – 684 с.
4. ГОСТ 33997-2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки : межгосударственный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 июля 2017 г. № 708-ст : введен впервые : дата введения 2018-02-01 / ООО «МИП «МАДИЭКСПЕРТИЗА». – Москва : Стандаргинформ, 2017. – 67 с.
5. Правила ЕЭК ООН № 101. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей, приводимых в движение только двигателем внутреннего сгорания либо приводимых в движение гибридным электроприводом, в отношении измерения объема выбросов двуоксида углерода и расхода топлива и/или измерения расхода электроэнергии и запаса хода на электротяге, а также транспортных средств категорий M<sub>1</sub> и N<sub>1</sub>, приводимых в движение только электроприводом, в отношении измерения расхода электроэнергии и запаса хода на электротяге. – Текст : электронный / UNECE [сайт]. – URL: <https://unece.org/transport/vehicle-regulations-wp29/standards/addenda-1958-agreement-regulations-101-120>.
6. ГОСТ Р 52033-2003. Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния : издание официальное : принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 27 марта 2003 г. № 100-ст : введен впервые : переиздание : март 2007 г. / разработан НИИАТ, ГНЦ НАМИ, ВНИИМС. – Москва : Госстандарт России. – 31 с.
7. Новый бесшатунный двигатель для автомобиля / Н. И. Мищенко, А. В. Химченко, Ю. В. Юрченко [и др.] // 8-е Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса. Сборник трудов Международной научно-технической конференции. – Москва : МАДИ, 2019. – С. 383–396. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37540777>.
8. Углеродные нанотрубки как присадка к смесеводу биотопливу / В. А. Марков, В. Г. Камалтдинов, С. Бовэнь, В. А. Неверов // 9-е Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса. Сборник трудов Международной научно-технической конференции. Москва : МАДИ, 2021. – С. 314–326. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45703656>.
9. Долганов К. Є. Автомобільні двигуни. Робочі процеси і характеристики поршневих двигунів / К. Є. Долганов, Ю. Ф. Гутаревич. – Київ : ІСДО, 1994. – 156 с.
10. Говорущенко, Н. Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н. Я. Говорущенко. – Москва : Транспорт, 1990. – 133 с. – ISBN 5-277-00786-5.
11. Гутаревич, Ю. Ф. Снижение вредных выбросов автомобиля в эксплуатационных условиях / Ю. Ф. Гутаревич. – Киев : Выща школа, 1991. – 177 с. – ISBN 5-11-003600-4.
12. Влияние силового механизма на работу двухтактного двигателя с кривошипно-камерной продувкой при регулировании степени сжатия / Н. И. Мищенко, А. В. Химченко, С. Н. Крамарь, В. Л. Супрун // Двигатели внутреннего сгорания. – 2004. – № 1. – С. 56–60.
13. Будыко, Ю. И. Аппаратура впрыска легкого топлива автомобильных двигателей / Ю. И. Будыко, Ю. В. Духнин, В. Э. Коганер, К. М. Маскенсков. – Ленинград : Машиностроение. Ленинградское отделение, 1975. – 192 с.

**Е. С. Сытник, А. И. Черный, О. В. Сафонов**  
**Автомобильно-дорожный институт (филиал)**  
**федерального государственного бюджетного образовательного учреждения**  
**высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка**  
**Пути улучшения экологических показателей и топливной экономичности**  
**легковых автомобилей с бензиновыми двигателями в условиях эксплуатации**

Преимущества использования автомобильного транспорта сопряжено с определенными негативными последствиями для окружающей среды и здоровья человека. Одной из главных проблем, связанных с эксплуатацией автомобилей, являются выбросы вредных веществ в атмосферу. Для минимизации негативного влияния автомобилей на окружающую среду и здоровье людей, во многих странах установлены нормы на максимально допустимые выбросы вредных веществ.

В статье проведен анализ автомобильного парка РФ по видам и возрасту транспортных средств. Проанализированы факторы, влияющие на топливную экономичность и экологические показатели автомобилей. Определены и проанализированы факторы, изменение которых приводит к снижению уровня вредных веществ в отработавших газах и улучшению топливной экономичности автомобиля. Приведены результаты анализа существующих типов систем питания бензиновых двигателей, выявлены их преимущества и недостатки. Выдвинуто предположение о варианте решения вопроса улучшения экологических и топливно-экономических показателей автомобилей в условиях эксплуатации с целью приближения показателей к уровню современных нормативов.

**АВТОМОБИЛЬ, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ОТРАБОТАВШИЕ ГАЗЫ, СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ**

**E. S. Sytnik, A. I. Chernyi, O. V. Safonov**  
**Automobile and Road Institute (Branch) of Federal State Budget Educational Institution**  
**of Higher Education «Donetsk National Technical University» in Gorlovka**  
**Ways to Improve the Environmental Performance and Fuel Efficiency of Gasoline-Powered**  
**Passenger Cars under Operating Conditions**

The advantages of using automobile transport are associated with certain negative consequences for the environment and human health. One of the main problems associated with the operation of automobiles is the emission of harmful substances into the atmosphere. Many countries set limits on the maximum allowable emissions of harmful substances in order to minimize the negative impact of automobiles on the environment and human health.

The article analyzes the motor vehicle fleet of the Russian Federation by type and age of vehicles. The factors influencing the fuel efficiency and environmental performance of vehicles are analyzed. Factors, the change of which leads to a decrease in the level of harmful substances in exhaust gases and an improvement in the fuel efficiency of a car, are identified and analyzed. The article presents the results of the analysis of existing types of fuel systems for gasoline engines, their advantages, and disadvantages. The authors put forward a hypothesis regarding one of the options for improving the environmental and fuel-economic indicators of cars under operating conditions with the aim of bringing the indicators closer to the level of modern norms.

**AUTOMOBILE, FUEL EFFICIENCY, ENVIRONMENTAL PERFORMANCE, EXHAUST GASES, ENGINE FUEL SYSTEM**

**Сведения об авторах:**

**Е. С. Сытник**

Телефон: +7 (949) 720-59-57

Эл. почта: ess007@bk.ru

**А. И. Черный**

Телефон: +7 (949) 406-68-00

Эл. почта: forcontests8@gmail.com

**О. В. Сафонов**

Телефон: +7 (949) 720-59-57

Эл. почта: safonovoleg798@gmail.com

*Статья поступила 18.04.2023*

© Е. С. Сытник, А. И. Черный, О. В. Сафонов, 2023

*Рецензент: А. В. Химченко, канд. техн. наук, доц.,*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж*