

Научная статья

УДК 656.13; DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-193-206

БОРТОВОЙ МОНИТОРИНГ ВЫБРОСОВ ОПАСНЫХ (ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ) ВЕЩЕСТВ ЛЕГКОВЫМ И ЛЕГКИМ КОММЕРЧЕСКИМ АВТОТРАНСПОРТОМ

Ложкина Ольга Владимировна;

✉ Мальчиков Константин Борисович.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ malchikov87@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты экспериментального исследования пробеговых выбросов двигателей пассажирского автотранспорта (легковых автомобилей, минивэна и микроавтобуса) и легких грузовых коммерческих автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями различной степени эксплуатационной изношенности при скоростях движения от 5 до 50 км/ч, характерных для городского ездового цикла. Показано, что выбросы большинства современных автомобилей с пробегом более 100 000 км, независимо от исходного экологического класса, сопоставимы с выбросами автомобилей, не оборудованных системой термokatалитической нейтрализации отработавших газов. Подтверждено, что наибольшие выбросы наблюдаются при скоростях от 5 до 20 км/ч, типичных для движения в условиях дорожных заторов, а минимальные – при скоростях от 25 до 50 км/ч.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, легковые автомобили, легкие коммерческие автомобили, дизельные и бензиновые двигатели, пробеговые выбросы, бортовой мониторинг

Для цитирования: Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Бортовой мониторинг выбросов опасных (загрязняющих) веществ легковым и легким коммерческим автотранспортом // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 2 (70). С. 193–206. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-193-206.

Scientific article

ON-BOARD MONITORING OF POLLUTANTS EMISSIONS BY PASSENGER AND LIGHT COMMERCIAL VEHICLES

Lozhkina Olga V.;

✉ Malchikov Konstantin B.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ malchikov87@mail.ru

Abstract. The paper describes the results of the experimental study of emission rates of passenger gasoline and diesel passenger cars and light commercial vehicles as a function of average speed from 5 to 50 km/h and accumulated mileage. It has been shown that the emissions of most modern vehicles with the mileage exceeding 100 000 km, regardless the initial environmental class, are quite of the same range as the emissions of vehicles without catalyst. It has been also confirmed that the highest emission rates are observed at speeds from 5 to 20 km/h, typical for traffic congestion, and the minimum emission rates are observed at speeds from 25 to 50 km/h.

Keywords: air pollution, passenger cars, light commercial vehicles, diesel and gasoline engines, emission rates, on-board monitoring

For citation: Lozhkina O.V., Malchikov K.B. On-board monitoring of pollutants emissions by passenger and light commercial vehicles // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 2 (70). P. 193–206. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-193-206.

Введение

Выбросы двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств значительно возрастают при их движении с низкой скоростью. Такое движение автомобилей зачастую реализуется вынужденно в условиях ежедневных часов «пик» (движение в дорожном заторе). Следует отметить, что движение автотранспорта в условиях дорожного затора сопряжено с возрастанием риска возникновения дорожно-транспортных происшествий, обусловленных необходимостью множественных операций перестроения, психологическим состоянием водителей и их усталостью и т.д., что еще в большей степени может способствовать снижению скорости движения автомобилей в пробке [1]. При этом система питания двигателя и система нейтрализации отработавших газов функционируют в нестационарных условиях, что в совокупности и обуславливает более высокие выбросы загрязняющих атмосферу веществ на таком режиме эксплуатации [2].

При наступлении неблагоприятных условий, например, в случае практически полного отсутствия движения воздушных масс, возрастает риск перехода такого вредного воздействия в категорию чрезвычайного, когда в атмосферном воздухе крупного населенного пункта в разы возрастают концентрации поллютантов [3]. Выявлять и прогнозировать возникновение на определенной территории таких чрезвычайных ситуаций позволяет применение специальных расчетных методик и программного обеспечения [4, 5].

Достоверность результатов таких методик зависит, в том числе, от соответствия исходных данных, используемых в расчетных методах по умолчанию, например, значений факторов эмиссии поллютантов для учетных категорий автотранспортных средств. Значения факторов эмиссии поллютантов (удельных пробеговых выбросов) определяются путем экспериментальных исследований [6–8]. Исходные информационные базы факторов эмиссии требуют постоянного обновления и дополнения с учетом актуального состояния и особенностей эксплуатации парка транспортных средств.

Бортовые исследования качественно-количественного состава отработавших газов в условиях реального движения проводятся довольно редко и в основном в отношении легковых автомобилей [9, 10]. Полевые экспериментальные исследования с участием легкого коммерческого транспорта (микроавтобусов и автофургонов), автобусов и грузовых автомобилей проводятся крайне редко, а значения пробеговых выбросов обосновываются по результатам лабораторных (для двигателей большегрузных автотранспортных средств) и стендовых (для легкого коммерческого транспорта) исследований [11].

Целью настоящей работы явилось бортовое экспериментальное исследование качественно-количественного состава отработавших газов и последующее определение удельных пробеговых выбросов легковых автомобилей, легкого коммерческого автотранспорта с бензиновыми и дизельными двигателями в условиях эксплуатации, направленное на совершенствование расчетного метода прогнозирования автотранспортных выбросов за счет уточнения и расширения информационной базы значений пробеговых выбросов.

Методы исследования

В испытаниях были задействованы легковые автомобили категории M_1 , легкие коммерческие транспортные средства категорий M_2 и N_1 с бензиновым и дизельным двигателями как со значительным пробегом (более 100 000 км), так и с относительно низким (менее 100 000 км). Необходимость такого исследования объясняется наблюдающейся в последнее время тенденцией старения парка автотранспортных средств, которую необходимо учитывать при проведении прогнозных расчетов опасного воздействия транспорта на качество среды обитания [12]. В табл. 1–3 представлены основные технические и эксплуатационные характеристики испытанных автотранспортных средств.

Таблица 1

**Технические и эксплуатационные характеристики испытанных легковых автомобилей
с пробегом более 100 000 км**

Марка и модель автомобиля	Категория	Год выпуска	Пробег, км	Объем двигателя, см ³	Тип топлива	Экологический класс	Тип трансмиссии
Mazda 3	M ₁	2008	207 014	1 598	Б	4	М
Hyundai Solaris	M ₁	2011	191 054	1 396	Б	4	М
Ford Focus	M ₁	2011	193 811	1 999	Б	4	А
KIA RIO	M ₁	2013	178 291	1 591	Б	4	А
Volkswagen Caravelle	M ₁	2015	270 537	1 968	ДТ	4	М

Примечание: Б – бензин; ДТ – дизельное топливо; А – автоматическая; М – механическая

Таблица 2

**Технические и эксплуатационные характеристики испытанных легковых автомобилей
с пробегом менее 100 000 км**

Марка и модель автомобиля	Категория	Год выпуска	Пробег, км	Объем двигателя, см ³	Тип топлива	Экологический класс	Тип трансмиссии
AUDI Q5	M ₁	2019	84 719	1 984	Б	5	А
KIA RIO	M ₁	2020	73 524	1 591	Б	5	А
Geely Atlas	M ₁	2020	44 795	2 378	Б	5	А
Mazda CX-5	M ₁	2021	30 166	2 488	Б	5	А

Таблица 3

**Технические и эксплуатационные характеристики испытанного легкого пассажирского
и грузового коммерческого транспорта**

Марка и модель автомобиля	Категория	Год выпуска	Пробег, км	Объем двигателя, см ³	Тип топлива	Экологический класс	Тип трансмиссии
ГАЗ 33021 ¹	N ₁	2000	451 549	2 445	Б	–	М
Volkswagen Crafter	M ₂	2014	85 406	1 968	ДТ	5	М
Ford Transit	M ₂	2015	84 007	2 198	ДТ	5	М
ГАЗ А21R32 ²	N ₁	2016	186 393	2 781	ДТ	4	М
ГАЗ GAZELLE NEXT ³	N ₁	2020	31 573	2 776	ДТ	5	М

Примечание: ¹ – карбюраторный двигатель; ² – двигатель ISF2.8S4R148; ³ – двигатель ISF2.8S5161P

Испытания проводились в диапазоне скоростей движения от 5 до 50 км/ч, характерных для городского ездового цикла.

Экспериментальные исследования в движении были проведены с помощью газоанализатора «Инфраклар 5МЗТ.02Л», конструкция которого была дополнена разработанным авторами защитным кожухом, позволяющим защитить рукоятку газозаборного зонда от высокотемпературного воздействия на нее отработавших газов [13]. Эксплуатационные характеристики газоанализатора подробно описаны в работе авторов [14].

Порядок проведения измерений соответствовал требованиям ГОСТ ISO 8178-2–2013 «Межгосударственный стандарт. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Измерение выброса продуктов сгорания. Часть 2. Измерение выбросов газов и частиц в условиях эксплуатации», ГОСТ 8178-4–2013 «Межгосударственный стандарт. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Измерение выброса продуктов сгорания. Часть 4. Испытательные циклы для двигателей различного применения на установившихся режимах», ГОСТ Р 52408–2014 «Национальный стандарт Российской Федерации. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Измерения в условиях эксплуатации», ГОСТ 33997–2016 «Межгосударственный стандарт. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» и руководства по эксплуатации газоанализатора. Испытания проводились в осенний период 2023 г. и весенний период 2024 г. при температуре окружающего воздуха не ниже 0 °С. Контроль скорости движения автотранспортных средств и количества оборотов коленчатого вала двигателя осуществлялись с помощью штатных спидометра и тахометра автомобиля. На рис. 1 отражен процесс проведения испытаний.



Рис. 1. Замер концентраций поллютантов с использованием газоанализатора «Инфраклар 5МЗТ.02Л» в отработавших газах:
а) автофургона ГАЗ 33021; б) легкового автомобиля Ford Focus
(Санкт-Петербург, март–апрель 2024 г.)

Испытания проводились не менее трех раз. Полученные результаты измерений были переведены в удельные пробеговые выбросы (г/км) согласно методике, ранее опубликованной в работе авторов [7].

Результаты и обсуждение

Значения пробеговых выбросов загрязняющих веществ в диапазоне скоростей движения от 5 до 50 км/ч, полученные в результате экспериментальных испытаний, представлены в табл. 4–6. На рис. (диаграммах) 2–4 отражена динамика варьирования характерных пробеговых выбросов поллютантов в зависимости от степени эксплуатационной изношенности и типа двигателя внутреннего сгорания автомобилей.

Таблица 4

Пробеговые выбросы загрязнителей, г/км, легковых автомобилей с пробегом более 100 000 км

Марка и модель	Загрязнитель	Скорость движения, км/ч									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Mazda 3	CO	32,22	14,23	5,55	17,19	1,94	6,46	2,54	1,55	3,31	2,16
	CH	0,584	0,353	0,268	0,250	0,075	0,131	0,078	0,071	0,073	0,062
	NO _x	6,970	3,980	0,679	3,080	0,310	0,814	0,366	0,361	0,347	0,344
Ford Focus	CO	43,08	34,97	27,84	24,12	16,02	12,27	10,23	11,15	16,98	18,15
	CH	0,396	0,299	0,228	0,205	0,150	0,112	0,107	0,104	0,128	0,106
	NO _x	11,20	6,581	7,087	5,917	6,311	3,287	3,467	4,956	5,916	5,516
Hyundai Solaris	CO	82,64	58,80	31,55	26,62	21,93	30,14	16,80	21,12	16,65	18,69
	CH	0,534	0,551	0,466	0,552	0,225	0,235	0,258	0,236	0,235	0,208
	NO _x	4,895	3,072	1,601	1,501	1,132	2,896	1,407	1,792	1,635	1,816
KIA RIO (2013)	CO	11,77	13,26	8,08	7,88	5,97	4,93	5,23	4,02	3,66	2,17
	CH	0,174	0,118	0,111	0,077	0,051	0,044	0,042	0,032	0,032	0,024
	NO _x	0,022	0,013	0,009	0,008	0,006	0,006	0,012	0,066	0,077	0,030
Volkswagen Caravelle	CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO _x	1,704	1,706	1,290	1,127	1,570	0,839	0,494	1,112	1,990	1,436

Таблица 5

Пробеговые выбросы загрязнителей, г/км, легковых автомобилей с пробегом менее 100 000 км

Марка и модель	Загрязнитель	Скорость движения, км/ч									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
AUDI Q5	CO	4,16	5,52	3,18	1,28	2,98	2,02	1,67	0,86	0,53	0,64
	CH	0,172	0,108	0,098	0,057	0,057	0,069	0,043	0,022	0,007	0,005
	NO _x	0,042	–	–	–	–	–	–	–	–	–
KIA RIO (2020)	CO	1,09	0,75	0,92	2,13	0,95	1,17	0,79	0,74	0,79	0,59
	CH	0,167	0,098	0,084	0,086	0,047	0,054	0,040	0,043	0,043	0,033
	NO _x	0,009	0,007	0,005	0,005	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002
Geely Atlas	CO	1,30	0,79	0,63	0,46	0,93	0,97	1,02	1,46	0,90	1,48
	CH	0,217	0,095	0,069	0,044	0,039	0,038	0,037	0,032	0,030	0,031
	NO _x	0,038	0,070	–	–	–	–	–	–	–	–
Mazda CX-5	CO	–	–	–	–	–	0,166	–	–	–	0,249
	CH	0,422	0,260	0,183	0,203	0,123	0,145	0,142	0,109	0,043	0,039
	NO _x	1,290	0,407	0,016	0,013	0,010	0,009	0,008	0,006	0,006	0,006

Таблица 6

**Пробеговые выбросы загрязнителей, г/км, двигателями легкого пассажирского
и грузового коммерческого транспорта**

Марка и модель	Загрязнитель	Скорость движения, км/ч									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ГАЗ 33021	CO	89,90	62,01	45,47	36,30	30,75	17,21	40,08	34,69	47,73	44,67
	CH	1,486	1,227	0,331	0,311	0,623	0,222	0,178	0,242	0,633	0,759
	NO _x	5,295	3,962	1,246	3,397	3,971	4,112	4,370	4,421	6,075	7,341
Volkswagen Crafter	CO	7,89	11,7	5,80	10,40	16,03	4,87	3,66	2,20	2,02	2,37
	CH	0,208	0,238	0,159	0,173	0,235	0,126	0,113	0,095	0,088	0,101
	NO _x	3,519	0,419	0,216	0,228	0,162	0,191	0,172	0,168	0,045	0,037
Ford Transit	CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CH	-	0,063	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO _x	0,505	0,255	0,880	1,043	0,609	0,175	0,142	0,189	0,678	0,748
ГАЗ А2 IR32	CO	14,18	6,84	4,20	3,51	1,87	2,57	1,31	1,62	1,92	1,07
	CH	0,295	0,170	0,016	0,039	0,058	0,046	0,042	0,042	0,041	0,029
	NO _x	6,147	2,232	3,745	5,263	5,745	2,382	2,795	1,762	1,493	1,101

Марка и модель	Поллутант	Скорость движения, км/ч									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ГАЗ GAZELLE NEXT	CO	11,71	4,03	5,28	3,42	3,93	4,66	4,44	4,43	3,07	3,26
	CH	0,230	0,094	0,233	0,158	0,175	0,186	0,192	0,187	0,116	0,098
	NO _x	1,332	0,143	0,053	0,028	0,015	0,016	0,027	0,016	0,014	0,010

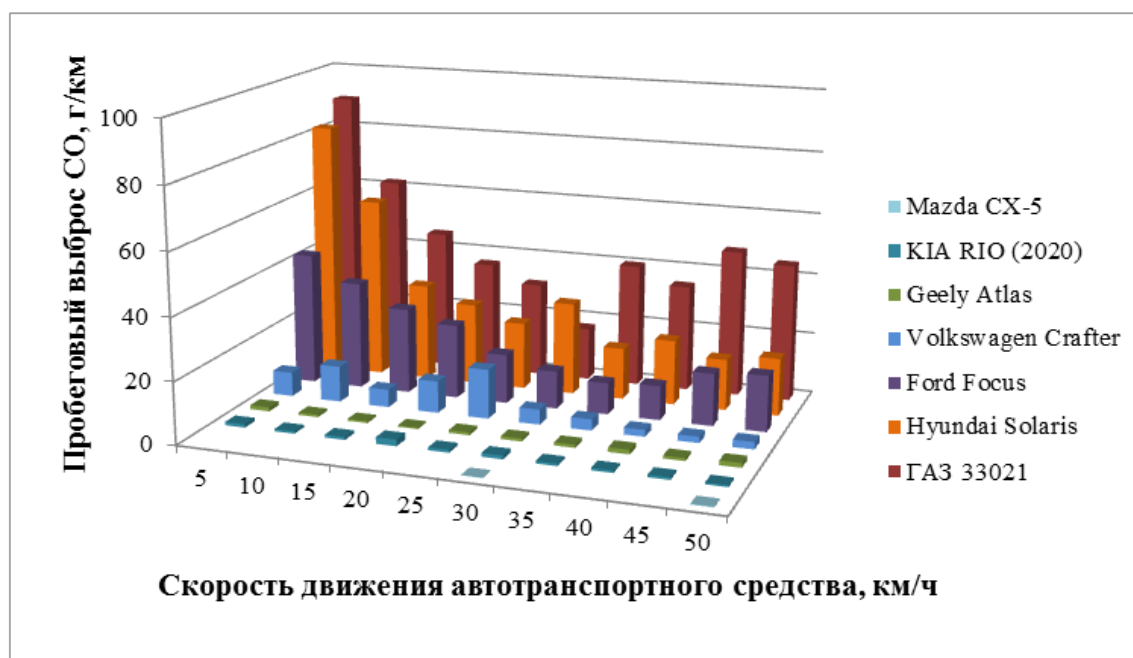


Рис. 2. Пробеговые выбросы монооксида углерода CO легковыми бензиновыми автомобилями с пробегом более 100 000 км (Ford Focus, Hyundai Solaris), легковыми бензиновыми автомобилями с пробегом менее 100 000 км (Mazda CX-5, KIA RIO, Geely Atlas), легким грузовым автомобилем с бензиновым двигателем с пробегом более 100 000 км (ГАЗ 33021), коммерческим пассажирским автомобилем с дизельным двигателем с пробегом менее 100 000 км (Volkswagen Crafter)

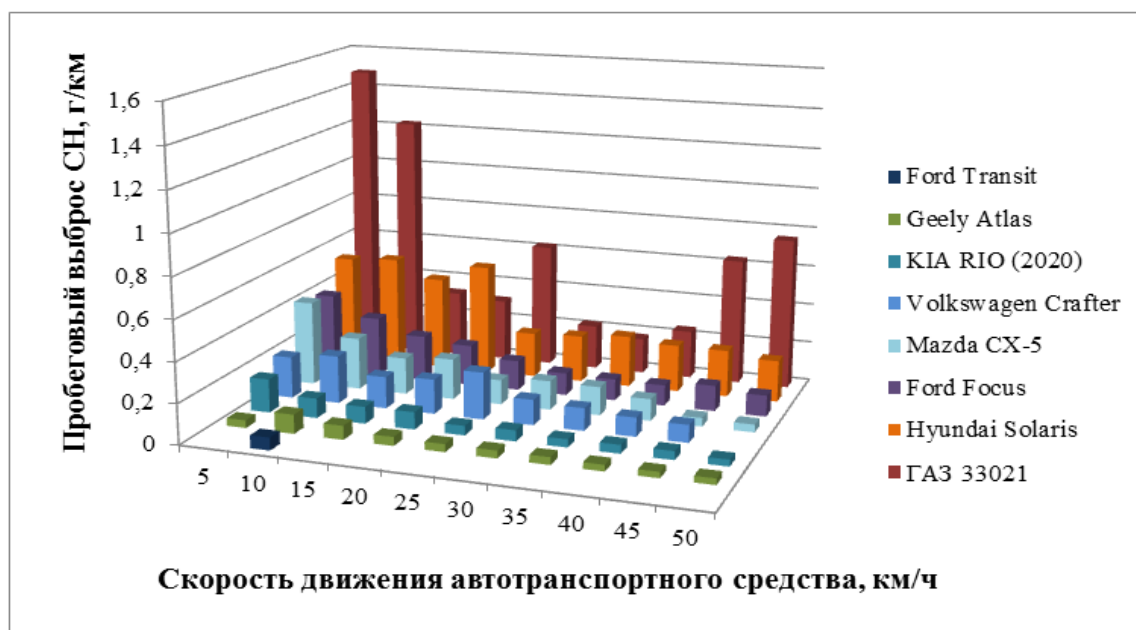


Рис. 3. Пробеговые выбросы углеводородов СН легковыми бензиновыми автомобилями с пробегом более 100 000 км (Ford Focus, Hyundai Solaris), легковыми бензиновыми автомобилями с пробегом менее 100 000 км (Mazda CX-5, KIA RIO, Geely Atlas), легким грузовым автомобилем с бензиновым двигателем с пробегом более 100 000 км (ГАЗ 33021), коммерческими пассажирскими автомобилями с дизельным двигателем с пробегом менее 100 000 км (Ford Transit, Volkswagen Crafter)

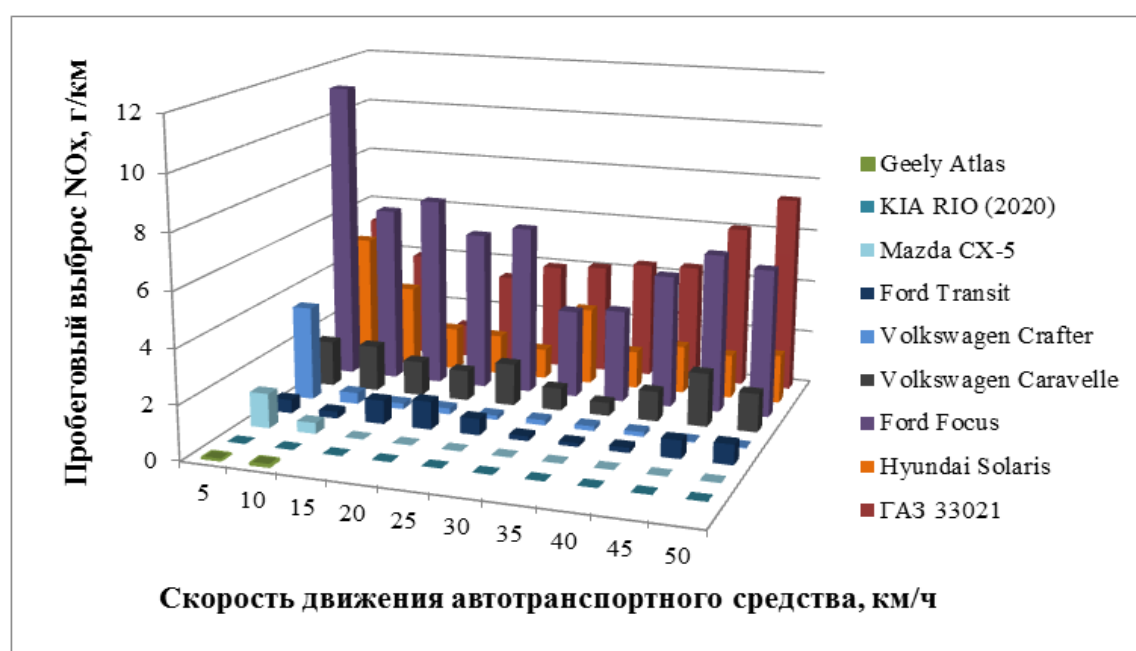


Рис. 4. Пробеговые выбросы оксидов азота NO_x легковыми бензиновыми автомобилями с пробегом более 100 000 км (Ford Focus, Hyundai Solaris), легковыми бензиновыми автомобилями с пробегом менее 100 000 км (Mazda CX-5, KIA RIO, Geely Atlas), легковым дизельным автомобилем с пробегом более 100 000 км (Volkswagen Caravelle), легким грузовым автомобилем с бензиновым двигателем с пробегом более 100 000 км (ГАЗ 33021), коммерческими пассажирскими автомобилями с дизельным двигателем с пробегом менее 100 000 км (Ford Transit, Volkswagen Crafter)

Автомобили с бензиновым двигателем со значительным накопленным пробегом (более 100 000 км) ожидаемо демонстрируют высокие выбросы CO, CH и NO_x практически на всех режимах движения по типичному городскому циклу. Полученные значения пробеговых выбросов CO и CH автомобилей с бензиновыми двигателями с высоким пробегом (Ford Focus, Hyundai Solaris и ГАЗ 33021) достаточно хорошо согласуются с ранее полученными данными авторов в отношении схожих по техническим характеристикам и степени эксплуатационной изношенности автомобилей [7]. Особое внимание обращают на себя высокие выбросы CO и CH карбюраторным бензиновым двигателем легкого коммерческого автомобиля ГАЗ 33021 при скорости движения 5 км/ч: CO – 89,90 г/км; CH – 1,486 г/км. Выбросы NO_x бензиновых автомобилей с высоким пробегом сопоставимы с выбросами дизельных автомобилей.

Выбросы CO, CH и NO_x легковых бензиновых автомобилей с условно низким пробегом (менее 100 000 км) изменяются в диапазоне от следовых количеств до 5,52, 0,422 и 1,29 г/км соответственно и удовлетворительно коррелируют с ранее полученными экспериментальными данными [7].

Анализ уровня выбросов поллютантов легкими коммерческими автомобилями указывает на следующее:

1. Выбросы NO_x автомобилями как с дизельными, так и с бензиновыми двигателями со значительным пробегом (Ford Transit, Volkswagen Caravelle и ГАЗ А21R32) сопоставимы между собой и существенно выше по сравнению с легковыми бензиновыми автомобилями с низким пробегом (в 18,5 и более раз).

2. Выбросы NO_x дизельными автомобилями Ford Transit, Volkswagen Caravelle, Volkswagen Crafter, ГАЗ GAZELLE NEXT (за исключением ГАЗ А21R32) в 8,7 и более раз ниже по сравнению с бензиновым автомобилем ГАЗ 33021.

3. Отмечается практически полное отсутствие эмиссии CO и CH дизельными автомобилями Ford Transit и Volkswagen Caravelle.

4. Выбросы NO_x дизельными автомобилями с низким пробегом (Volkswagen Crafter, Ford Transit и ГАЗ GAZELLE NEXT) в 7,7 и более раз ниже в сравнении с дизельным автомобилем со значительным пробегом (ГАЗ А21R32).

5. Отмечаются более высокие пробеговые выбросы CO и CH дизельным автомобилем ГАЗ GAZELLE NEXT с низким пробегом в сравнении с автомобилем ГАЗ А21R32 с высоким пробегом при одновременном более низком уровне выбросов NO_x.

Для всех испытанных автомобилей наименьшие выбросы всех измеренных поллютантов наблюдались в диапазоне скоростей от 25 до 50 км/ч при стабилизации скорости движения автотранспортного средства после переключения передачи, а наибольшие выбросы – для скоростей от 5 до 20 км/ч, характерных для движения в заторе.

Выбор в качестве условного классификационного критерия накопленного пробега – 100 000 км – обоснован тем, что при таком и более высоком пробеге в результате износа повышается вероятность возникновения в двигателе и системе отвода отработавших газов технических проблем, приводящих к повышенным выбросам загрязняющих веществ: термическое старение подложки (носителя) каталитического нейтрализатора влечет за собой ее деструкцию и закупоривание каналов катализатора, приводящее к необходимости подачи большего количества топлива в камеру сгорания с целью преодоления возникающего противодействия в выхлопной системе; химическое старение каталитических веществ обуславливает снижение степени конверсии поллютантов; износ поршневой группы после значительного периода эксплуатации двигателя внутреннего сгорания влечет нарушение компрессии в цилиндрах, что сказывается на снижении отдачи двигателя и необходимости сжигания большего количества топлива и др. [15–17]. Результаты наших исследований это подтверждают на практике.

Заключение

В результате проведенного исследования:

– определены пробеговые выбросы CO, CH и NO_x современных легковых и легких коммерческих бензиновых и дизельных автотранспортных средств разной степени изношенности в диапазоне скоростей движения от 5 до 50 км/ч, характерных для городского ездового цикла;

– подтверждено, что автомобили с пробегом более 100 000 км демонстрируют высокие выбросы поллютантов, независимо от исходного экологического класса, сопоставимые с выбросами транспортных средств без системы нейтрализации. Высокие выбросы NO_x – одного из наиболее токсичных компонентов выхлопных газов автомобилей – характерны не только для дизельных автомобилей, но и для бензиновых со значительным пробегом. Эти факты необходимо принимать во внимание при проведении численного прогнозирования загрязнения атмосферы в городах, поскольку в последнее время наблюдается тенденция устаревания автомобильного парка как в Российской Федерации в целом, так и на уровне ее субъектов [7];

– результаты бортового мониторинга в условиях реальной эксплуатации подтверждают, что режим движения автотранспортных средств в диапазоне скоростей от 5 до 20 км/ч неоптимален для стабильной работы двигателя и системы выпуска отработавших газов и, как следствие, сопровождается повышенными выбросами поллютантов автомобилями всех типов. Оптимальным для городской среды с точки зрения минимизации выбросов является скоростной режим от 25 до 50 км/ч, что свидетельствует о необходимости совершенствования схем организации дорожного движения;

– полученные результаты использованы для дополнения информационной базы значений пробеговых выбросов легковых автомобилей и легких коммерческих автотранспортных средств, используемых при расчете выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных потоков.

Список источников

1. Панфилов Д.С. Модернизация регулирования движения автомобилей на главных дорогах Санкт-Петербурга // Грузовик. 2016. № 2. С. 26–31.
2. Ложкин В.Н. Методика и результаты контроля опасного загрязнения воздуха поллютантами транспорта в городах заполярья на режимах пуска и прогрева двигателей // Транспорт Российской Федерации. 2022. № 1-2 (98–99). С. 44–47.
3. Иванченко А.А. Снижение чрезвычайного воздействия водного транспорта на атмосферу городской среды // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 2 (46). С. 90–93.
4. Ложкина О.В., Комашинский В.И. К вопросу о совершенствовании информационного процесса мониторинга и прогнозирования опасного воздействия транспортных выбросов на среду обитания и население // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 2. С. 16–24.
5. Иванченко А.А., Костылев И.И., Приходько И.В. Системный подход к предотвращению загрязнения атмосферы транспортом // Транспорт Российской Федерации. 2019. № 2 (81). С. 26–30.
6. Шагидуллин А.Р., Сизов А.Н., Шагидуллина Р.А. Актуализация методики расчета мощности эмиссии вредных веществ автотранспортном при его движении по городским улицам // Российский журнал прикладной экологии. 2015. № 1. С. 58–63.
7. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Сравнительный анализ пробеговых выбросов автомобилей на различных видах топлива при дорожных заторах // Вестник гражданских инженеров. 2024. № 2 (103). С. 133–143. DOI: 10.23968/1999-5571-2024-21-2-133-143.

8. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Сравнительный анализ содержания поллютантов в отработавших газах силовых установок маломерных судов и автотранспортных средств // Двигателестроение. 2024. № 1 (295). С. 21–33.
9. Третьяк Л.Н., Вольнов А.С., Герасимов Е.М. Обеспечение экологической безопасности городов от влияния автотранспортного комплекса // Евразийский Союз Ученых. 2014. № 7. С. 152–156.
10. Совершенствование методики оценки и прогнозирования возникновения чрезвычайного локального загрязнения воздуха оксидами азота вблизи автодорог / В.С. Марченко [и др.] // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 2 (49). С. 149–154.
11. Парсаев Е.В., Тетерина И.А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха городским пассажирским транспортом // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации: сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф. Омск, 2021. С. 285–289.
12. Магдин К.А., Евтюков С.С. Акустическое загрязнение улично-дорожной среды автомобильным транспортом // Вестник гражданских инженеров. 2023. № 1 (96). С. 132–139. DOI: 10.23968/1999-5571-2023-20-1-132-139.
13. Защитный кожух рукоятки газозаборного зонда: пат. RU 224458 / Мальчиков К.Б., Ложкина О.В.; заявл. 05.12.23; опубл. 25.03.24.
14. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Метод прогнозирования техногенных опасностей на основе определения содержания поллютантов в отработавших газах лодочных моторов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 1 (65). С. 127–137.
15. Ложкин В.Н. Теоретические основы и практика диагностики эколого-пожароопасных аварийных режимов эксплуатации каталитических систем автотранспорта // Мир транспорта и технологических машин. 2023. № 1-2 (80). С. 74–80. DOI: 10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-74-80.
16. Ворохобин А.В., Дерканосова Н.М., Манойлина С.З. Повышение экологической безопасности поршневых двигателей внутреннего сгорания // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (79). С. 93–101. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_4_93.
17. Мурадова П.А., Литвишков Ю.Н. Металлокаркасные катализаторы обезвреживания выхлопных газов автотранспорта // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2015. № 3 (96). С. 3–12.

References

1. Panfilov D.S. Modernizaciya regulirovaniya dvizheniya avtomobilej na glavnyh dorogah Sankt-Peterburga // Gruzovik. 2016. № 2. S. 26–31.
2. Lozhkin V.N. Metodika i rezul'taty kontrolya opasnogo zagryazneniya vozduha pollyutantami transporta v gorodah zapolyar'ya na rezhimah puska i progreva dvigatelej // Transport Rossijskoj Federacii. 2022. № 1-2 (98–99). S. 44–47.
3. Ivanchenko A.A. Snizhenie chrezvychajnogo vozdejstviya vodnogo transporta na atmosferu gorodskoj sredy // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2018. № 2 (46). S. 90–93.
4. Lozhkina O.V., Komashinskij V.I. K voprosu o sovershenstvovanii informacionnogo processa monitoringa i prognozirovaniya opasnogo vozdejstviya transportnyh vybrosov na sredu obitaniya i naselenie // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2021. № 2. S. 16–24.
5. Ivanchenko A.A., Kostylev I.I., Prihod'ko I.V. Sistemnyj podhod k predotvrashcheniyu zagryazneniya atmosfery transportom // Transport Rossijskoj Federacii. 2019. № 2 (81). S. 26–30.
6. Shagidullin A.R., Sizov A.N., Shagidullina R.A. Aktualizaciya metodiki rascheta moshchnosti emissii vrednyh veshchestv avtotransportnom pri ego dvizhenii po gorodskim ulicam // Rossijskij zhurnal prikladnoj ekologii. 2015. № 1. S. 58–63.

7. Lozhkina O.V., Mal'chikov K.B. Sravnitel'nyj analiz probegovykh vybrosov avtomobilej na razlichnyh vidah topliva pri dorozhnyh zatorah // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2024. № 2 (103). S. 133–143. DOI: 10.23968/1999-5571-2024-21-2-133-143.

8. Lozhkina O.V., Mal'chikov K.B. Sravnitel'nyj analiz sodержaniya pollyutantov v otrabotavshih gazah silovykh ustanovok malomernykh sudov i avtotransportnykh sredstv // Dvigatelistroenie. 2024. № 1 (295). S. 21–33.

9. Tret'yak L.N., Vol'nov A.S., Gerasimov E.M. Obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti gorodov ot vliyaniya avtotransportnogo kompleksa // Evrazijskij Soyuz Uchenykh. 2014. № 7. S. 152–156.

10. Sovershenstvovanie metodiki ocenki i prognozirovaniya vozniknoveniya chrezvychnogo lokal'nogo zagryazneniya vozduha oksidami azota vblizi avtodorog / V.S. Marchenko [i dr.] // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2015. № 2 (49). S. 149–154.

11. Parsaev E.V., Teterina I.A. Ocenka zagryazneniya atmosfernogo vozduha gorodskim passazhirskim transportom // Arhitekturno-stroitel'nyj i dorozhno-transportnyj kompleksy: problemy, perspektivy, innovacii: sb. materialov V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Omsk, 2021. S. 285–289.

12. Magdin K.A., Evtyukov S.S. Akusticheskoe zagryaznenie ulichno-dorozhnoj sredy avtomobil'nyim transportom // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2023. № 1 (96). S. 132–139. DOI: 10.23968/1999-5571-2023-20-1-132-139.

13. Zashchitnyj kozhuh rukoyatki gazozabornogo zonda: pat. RU 224458 / Mal'chikov K.B., Lozhkina O.V.; zayavl. 05.12.23; opubl. 25.03.24.

14. Lozhkina O.V., Mal'chikov K.B. Metod prognozirovaniya tekhnogennykh opasnostej na osnove opredeleniya sodержaniya pollyutantov v otrabotavshih gazah lodochnykh motorov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2023. № 1 (65). S. 127–137.

15. Lozhkin V.N. Teoreticheskie osnovy i praktika diagnostiki ekologo-pozharoopasnykh avarijnykh rezhimov ekspluatatsii kataliticheskikh sistem avtotransporta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. № 1-2 (80). S. 74–80. DOI: 10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-74-80.

16. Vorohobin A.V., Derkanosova N.M., Manojlina S.Z. Povyshenie ekologicheskoy bezopasnosti porshnevnykh dvigatelej vnutrennego sgoraniya // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 4 (79). S. 93–101. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_4_93.

17. Muradova P.A., Litvishkov Yu.N. Metallokarkasnye katalizatory obezvrezhivaniya vyhlopnykh gazov avtotransporta // Avtogazozapravochnyj kompleks + Al'ternativnoe toplivo. 2015. № 3 (96). S. 3–12.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 17.05.2024; одобрена после рецензирования: 25.05.2024;
принята к публикации: 10.06.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 17.05.2024; approved after review: 25.05.2024;
accepted for publication: 10.06.2024

Информация об авторах:

Ложкина Ольга Владимировна, профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, кандидат химических наук, профессор, e-mail: olojkina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8604-2698>, SPIN-код: 6275-4249

Мальчиков Константин Борисович, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: malchikov87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8173-6850>, SPIN-код: 1309-1859

Information about the authors:

Lozhkina Olga V., professor of the department of chemistry and combustion processes of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, candidate of chemical sciences, professor, e-mail: olojkina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8604-2698>, SPIN: 6275-4249

Malchikov Konstantin B., adjunct of the faculty of higher education of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: malchikov87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8173-6850>, SPIN: 1309-1859