

ОЦЕНКА УДЕЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ ОКИСЛОВ АЗОТА ЛЕГКОВЫМ АВТОТРАНСПОРТОМ

О.В. Ложкина, к.х.н., доц., В.С. Марченко, ст. преподаватель, В.Р. Новиков, адъюнкт,
В.Н. Ложкин, д.т.н., проф.

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России

Приводится анализ механизма образования окислов азота в камерах сгорания двигателей автомобилей, описываются особенности негативного воздействия окислов азота на человека и окружающую среду. Представлены результаты экспериментальных исследований удельных выбросов NO_x легковыми автомобилями различных топлив в зависимости от скоростного режима в диапазоне скоростей от 0 до 120 км/ч. Разработаны рекомендации по внесению изменений в «Методику определения выбросов вредных веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга», утвержденную Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга.

Образование окислов азота в ДВС автомобилей, и их воздействие на человека и окружающую среду

Одним из важнейших экологических параметров двигателей современных автомобилей является содержание в отработавших газах (ОГ) оксидов азота. Исследование механизма и особенностей образования окислов азота в камерах сгорания (КС) автомобильных ДВС является основой для определения численных значений удельных выбросов NO_x транспортными средствами при движении по городским автомагистралям, а атмосферный метаболизм позволяет оценить степень их комплексного негативного воздействия на человека и окружающую среду.

Химический процесс образования и трансформации NO_x в КС двигателей автомобилей сложен и неоднозначен в силу многочисленных факторов, на него влияющих. Изучению этого процесса посвящено большое количество работ отечественных и зарубежных исследователей [1, 3–5, 8, 9].

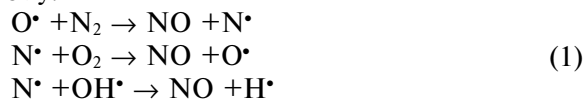
В целом принимается, что в КС образуются:

1) «термический» NO (образуется при высокотемпературном (1500–2500 °С) окислении азота кислородом воздуха в зоне продуктов сгорания рабочей смеси);

2) «топливный» NO (образуется в результате «низкотемпературного» окисления азотсодержащих соединений топлива);

3) «быстрый» NO (образуется непосредственно во фронте пламени из-за столкновения углеводородных радикалов с молекулами азота в зоне реакций горения при наличии пульсаций температуры, температура их образования около 700 °С).

В камерах сгорания доминирует «термический» NO , который образуется за фронтом пламени из молекулярного азота при горении бедной топливовоздушной смеси и смеси, близкой к стехиометрическому составу. Преимущественно при сгорании бедных и умеренно богатых смесей ($\alpha > 0,8$) реакции происходят по цепному механизму:



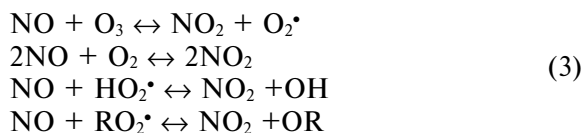
В богатых смесях ($\alpha < 0,8$) осуществляются также реакции:



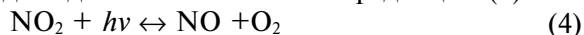
В бедных смесях выход NO определяется максимальной температурой цепочно-теплого «взрыва» (максимальная температура 2500–2600 °С), т. е. кинетикой образования. В богатых смесях выход NO перестает зависеть от максимальной температуры «взрыва» и определяется кинетикой разложения. При горении бедных смесей значительное влияние на образование NO оказывает неравномерность температурного поля в зоне продуктов сгорания и присутствие паров воды, которая в цепной реакции окисления N_2 является ингибитором.

В отработавших газах преобладает NO (99 % в бензиновых двигателях и более 97 % в дизелях). Выбросы оксидов азота обычно оцениваются в пересчете по более токсичному компоненту — NO_2 .

Диоксид азота образуется из оксида азота в результате фотохимических реакций, происходящих в атмосфере [2, 19, 1], с участием тропосферного озона, кислорода воздуха и пероксидных радикалов (3):



Одновременно с вышеуказанными процессами в атмосфере протекает фотолиз диоксида азота под воздействием солнечной радиации (4):



Как показывают результаты наблюдений, концентрация диоксида азота в атмосфере существенным образом зависит от интенсивности солнечной радиации, приводящей к усилению химических реакций [2, 19, 21].

Оксид и диоксид азота играют сложную и важную роль в фотохимических процессах, происходящих в тропосфере и стратосфере при солнечном свете и являются причиной образования фотохимического смога. При неблагоприятных погодных условиях, высокой инсоляции и слабых ветрах фотохимические реакции могут приводить к высоким уровням концентраций оксидов азота, которые опасны для человека [2].

Все встречающиеся на практике оксиды азота физиологически активны, диоксид азота токсичнее окиси азота. NO_2 , наряду с остальными вредными газообразными примесями ОГ, вызывает заболевания верхних и нижних дыхательных путей (аллергические риниты, бронхиты, астму), сердечно-сосудистой и иммунной систем организма человека [2].

По оценкам европейских специалистов [20] при плотном движении в городской среде количество оксидов азота в ОГ новых легковых и грузовых автомобилей с дизельными двигателями составляет от 0,5 до 1,5 г на километр пробега для легкового транспорта и 4–10 г на километр пробега для грузовиков, что в несколько раз превышает выбросы NO_x от новых автомобилей с бензиновыми двигателями. Кроме того, они отмечают, что как бензиновые, так и дизельные двигатели соответствуют строгим европейским стандартам выбросов только в условиях стендовых испытаний, а в реальных условиях движения выбросы могут в значительной мере превышать установленные нормативы, и этот вопрос требует тщательного изучения.

В связи с изменением дорожной ситуации автомобиль, при движении по улице или городской автомагистрали, совершает разгоны, замедления, движется с некоторой постоянной скоростью с автотранспортным потоком, что сопровождается непрерывным изменением режима работы двигателя (частоты вращения коленчатого вала и нагрузки), а следовательно, и выбросов с отработавшими газами NO_x . В отношении характера изменения удельных выбросов NO_x с изменением скоростного режима

движения ТС в транспортном потоке в литературных источниках имеются противоречия [10, 19–25]. По-видимому, это связано с тем, что в реальных условиях движения практически невозможно выдержать не только скоростной режим движения, но и нагрузку двигателя. Установление закономерностей удельных выбросов окислов от скоростного режима важно для уточнения коэффициента приведения выбросов NO_2 к скоростному режиму в оценочных и прогнозных методиках определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов.

Изучение закономерностей изменения удельных выбросов окислов азота NO_x от скоростного режима легковых автомобилей — актуальная задача, решение которой позволяет:

- обосновать оптимальные скоростные режимы движения ТС;
- способствовать повышению эффективности мероприятий, направленных на ослабление воздействия оксидов азота на человека и окружающую среду;
- обосновать поправочные коэффициенты для окислов азота для инвентаризации выбросов автотранспорта при проведении сводных расчетов загрязнения атмосферы городов.

Бортовой мониторинг выбросов NO_x при движении легковых автомобилей в транспортном потоке

Перед проведением экспериментов на автомагистралях Санкт-Петербурга авторами был проведен анализ состояния парка автомобильной техники, а именно легковых и грузовых автомобилей и автобусов за период с 2004 по 2010 г. включительно с использованием данных ГИБДД, публикуемых в ежегодном справочнике аналитического агентства АВТОСТАТ [11–16].

В результате проведенного аналитического исследования структуры автопарка Санкт-Петербурга (рис. 1) авторы пришли к следующему выводу [6, 7]:

1. Наибольший сегмент в парке автотранспортных средств Санкт-Петербурга занимают легковые автомобили старше 10 лет — 41,42 %.
2. Второе место занимают легковые автомобили до 5 лет, на их долю приходится 27,06 %. При этом следует отметить, что в течение последних 6 лет (с 2004 по 2010 г.) количество новых легковых машин непрерывно возрастало.
3. На третьей позиции расположились легковые автомобили средней возрастной категории от 5 до 10 лет (22,57%).
4. Далее следуют грузовые автомобили старше 10 лет, доля которых составляет 4 %, и грузовые автомобили от 5 до 10 лет — 2%.
5. Замыкают этот ряд автобусы — их доля равна 1,4 %.

Таблица 1

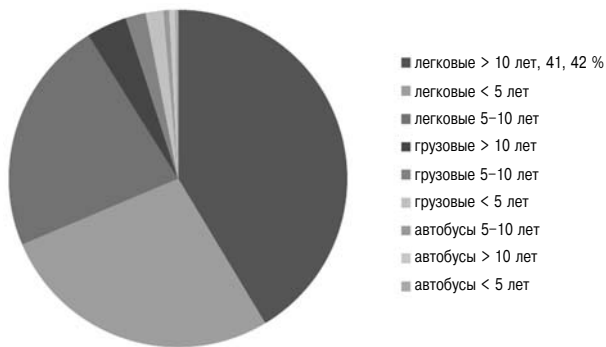


Рис. 1. Структура парка автотранспорта Санкт-Петербурга

Если предположить, что вклад различных категорий автотранспортных средств в суммарное загрязнение атмосферного воздуха Санкт-Петербурга пропорционален их количеству, то исходя из полученных аналитических данных следует, что наибольший вклад в загрязнение воздушного бассейна города вносят легковые автомобили старше 10 лет, легковые автомобили меньше 5 лет и легковые автомобили средней возрастной категории от 5 до 10 лет, а также грузовые автомобили старше 10 лет.

На основании проведенного статистического анализа были выбраны легковые автомобили для проведения эксперимента. Оценка удельных выбросов окислов азота NO_x , выделяющихся с ОГ, проводилась путем измерения их концентраций в составе ОГ легковых автомобилей с бензиновыми двигателями отечественного и импортного производства, отличающихся по типу двигателя (инжекторный или карбюраторный), возрасту, топливу, трансмиссии, оснащенных и неоснащенных каталитическим нейтрализатором. Характеристики испытанных автомобилей приведены в табл. 1.

Измерение зависимости концентрации NO_x в ОГ от скорости движения автомобиля в диапазоне скоростей от 0 до 50 км/ч проводили на улицах Санкт-Петербурга, а в диапазоне скоростей от 50 до 120 км/ч — на кольцевой автодороге (КАД) Санкт-Петербурга в дневное время. Места дорожных экспериментов, а также погодные условия указаны в табл. 2. Испытания проводили на горизонтальных участках улиц при установившемся режиме движения для каждого значения скорости, поскольку при достижении необходимой скорости автомобиль движется прямолинейно с постоянной подачей топлива. При испытаниях на автомобилях с механической коробкой переключения передач использовалась передача, обеспечивающая работу двигателя на рекомендованной заводом изготовителем частоте вращения коленчатого вала для установленной средней скорости движения.

Характеристика легковых автомобилей

№	Марка автомобиля	Год выпуска	Объем двигателя, см ³	Тип трансмиссии	Тип двигателя	Тип топлива	Экологический класс
1	ВАЗ 2101	1980 (КРД 2010)	1300	М	БК	92	Не определен
2	ВАЗ 21093	1992	1300	М	БК	92	Не определен
3	Mitsubishi Lancer IV	1991	1468	А	БИ	95	Евро 1
4	Skoda Felicia II	1998	1289	М	БК	92	Евро 2
5	Chevrolet Lacetti	2009	1598	М	БИ	92	Евро 3
6	Huyn dai Elantra	2009	1596	М	БИ	95	Евро 3
7	Nissan Qashqai	2010	1997	А	БИ	95	Евро 4

М — механическая; А — автоматическая; БК — бензиновый карбюраторный; БИ — бензиновый инжекторный

Таблица 2

Места проведения и погодные условия при испытаниях

№	Марка автомобиля	Место проведения испытаний	Погодные условия при проведении испытаний
1	ВАЗ 2101	Софийская ул., Автозаводская ул., 3-й Бадаевский проезд, Московское ш., КАД	+ 2–4 °С, облачно, мокрый снег, дождь
2	ВАЗ 21093	Сертолово, Заречная ул., Сарженская ул., КАД	+ 7 °С, облачно, без осадков, асфальт мокрый
3	Mitsubishi Lancer IV	Софийская ул., Автозаводская ул., 3-й Бадаевский проезд, Московское ш., КАД	+ 12 °С, облачно, без осадков
4	Skoda Felicia II	Московский проспект, ул. Басейная, ул. Решетникова, ул. Благодатная	+ 6 °С, облачно, без осадков, асфальт мокрый
5	Chevrolet Lacetti	Софийская ул., Автозаводская ул., 3-й Бадаевский проезд, Московское ш., КАД	+ 18 °С, ясно, без осадков
6	Huyn dai Elantra	Альпийский пер., ул. Бухарестская, Дунайский пр., ул. Будапештская, КАД	+ 22 °С, переменная облачность, без осадков
7	Nissan Qashqai	Альпийский пер., ул. Бухарестская, Дунайский пр., ул. Будапештская, КАД	+ 22 °С, переменная облачность, дождь

Концентрацию NO_x в ОГ измеряли с помощью четырехкомпонентного газоанализатора Testo 300 XXL (Германия, с электрохимическим детектированием NO_x . Диапазон детектирования газоанализатора по NO_x составляет 1–3000 ppm. Перед испытаниями газоанализатор прошел поверку).

Пробоотборный зонд длиной 30 см закрепляли в выхлопной трубе автомобиля, а регистрационный

модуль размещали в салоне. Весь цикл испытаний для каждого автомобиля проводили в течение одного дня, начиная с холостого режима с постепенным переходом к максимальной скорости 120 км/ч. Для каждого скоростного режима измерения проводились в 3–8 повторностях до установления стабильных показаний прибора. Одновременно по показателям прибора фиксировали частоту вращения коленчатого вала двигателя. Двигатели автомобилей перед началом испытаний подвергали предварительному прогреву в течение 5–10 минут.

Для автомобилей, оснащенных и не оснащенных КН, справедливо ожидать различные закономерности изменения выбросов NO_x в зависимости от скорости движения. Общая тенденция для всех типов ТС проявлялась в соответствии минимальных выбросов окислов азота минимальному расходу топлива в интервале скоростей от 40–50 до 80–90 км/ч.

Для автомобилей, не оборудованных системой нейтрализации, удельный выброс окислов азота обуславливается тремя факторами: изменением частоты вращения двигателя и, как следствие, — изменением объема выбросов; изменением скорости автомобиля, в результате чего изменяется время прохождения участка дороги определенной длины; условиями образования NO_x непосредственно в цилиндрах двигателя ТС.

Анализ зависимостей удельных выбросов NO_x от скорости движения на отечественных автомобилях старше 10 лет, не оснащенных КН отработавших газов (рис. 2), позволяет сделать следующие выводы:

- для старых отечественных автомобилей характерны самые высокие показатели по выбросам окислов азота (0,5–2,5 г/км пробега);
- при скорости движения 80–90 км/ч удельные выбросы NO_x резко возрастают и достигают максимального значения (около 2,5 г/км пробега) при скорости 120 км/ч, что объясняется увеличением нагрузки и ростом температуры горения;
- минимальные выбросы NO_x соответствуют скоростным режимам в диапазоне от 20–30 до 80–90 км/ч и составляют 0,5–0,7 г/км пробега.

Наблюдаемый разброс данных измерений выбросов с ОГ окислов азота на автомобилях ВАЗ 2193 и ВАЗ 2101, вероятно, связан с тем, что при их перемещении в потоке с некоторой определенной средней скоростью двигатель все же не работает на стационарных режимах, обуславливая и нестационарность горения топлива в цилиндрах.

Полученные данные в целом подтверждают ранее сделанный вывод [14] о том, что для автомобилей, не оснащенных КН, характерно про-

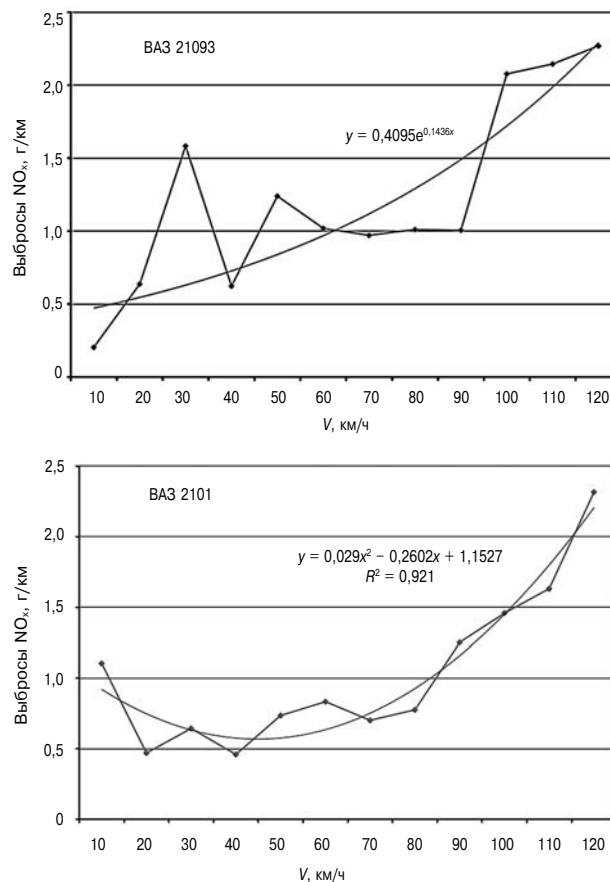


Рис. 2. Зависимость удельных выбросов NO_x от скорости движения на отечественных автомобилях старше 10 лет, не оснащенных КН

грессирующее увеличение выбросов NO_x с ОГ, начиная от скоростного режима 80–90 км/ч.

Для автомобилей, оснащенных каталитическими нейтрализаторами, удельный выброс окислов азота зависит от изменения частоты вращения двигателя и скорости автомобиля и эффективности протекания процесса восстановительного катализа в нейтрализаторе.

Характерной особенностью зависимости выбросов NO_x от скорости для автомобилей, оборудованных КН, является наличие двух максимумов (рис. 3 и 4): первый — в режиме холостого хода, а второй — при возрастании скорости движения до 100–120 км/ч.

Наблюдающиеся максимальные значения выбросов на холостых оборотах двигателей связаны, по-видимому, с тем, что каталитические системы нейтрализации ОГ не выходят на рабочий температурный режим.

Для автомобилей Mitsubishi Lancer и Skoda Felicia, оснащенных двухкомпонентным КН и соответствующих Евро 1 и Евро 2, выбросы NO_x изменялись в пределах 0,15–0,9 г/км. При этом для обоих автомобилей минимальные значения выбросов окислов азота 0,15–0,2 г/км

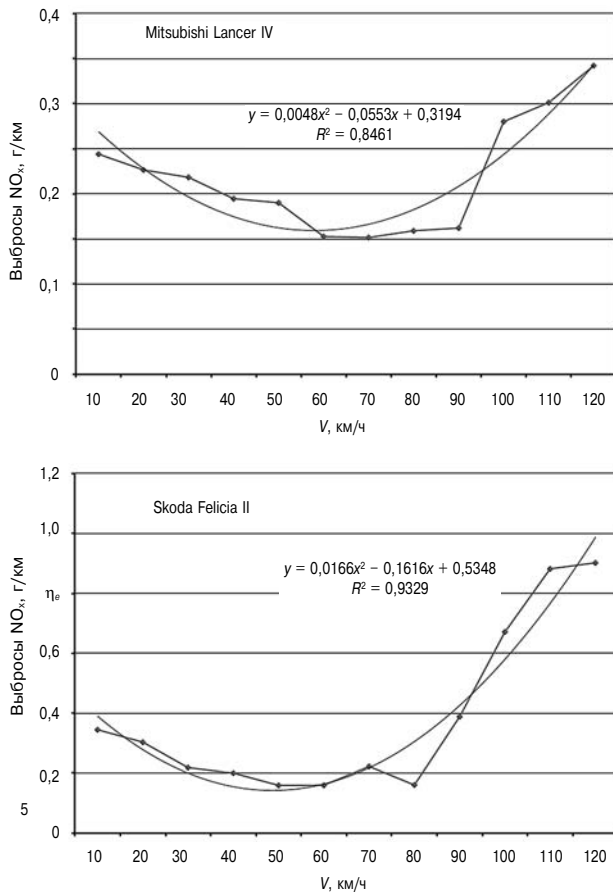


Рис. 3. Зависимость удельных выбросов NO_x от скорости движения на зарубежных автомобилях старше 10 лет, оснащенных двухкомпонентными КН и соответствующих классам экологической опасности Евро 1 (Mitsubishi Lancer) и Евро 2 (Skoda Felicia)

наблюдались при движении ТС со скоростью от 20–30 до 80–90 км/ч.

Как и ожидалось, на автомобилях младше 5 лет, оснащенных трехкомпонентными нейтрализаторами, наблюдались самые низкие удельные выбросы окислов азота — от 0,003 до 0,08 г/км пробега. Полученные результаты укладываются в нормативы предельно допустимых значений, регламентируемых Техническим регламентом «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 609 от 12 октября 2005 года и стандартом Евро 4, в соответствии с которым выбросы для легковых ТС с бензиновыми двигателями, оснащенные трехкомпонентным КН, не должны превышать 0,08 г/км.

На разброс полученных экспериментальных данных влияние оказывали не только нестационарность режимов работы двигателя, но и обусловленное ею непрерывное изменение температуры ОГ и, как следствие, пульсирующее

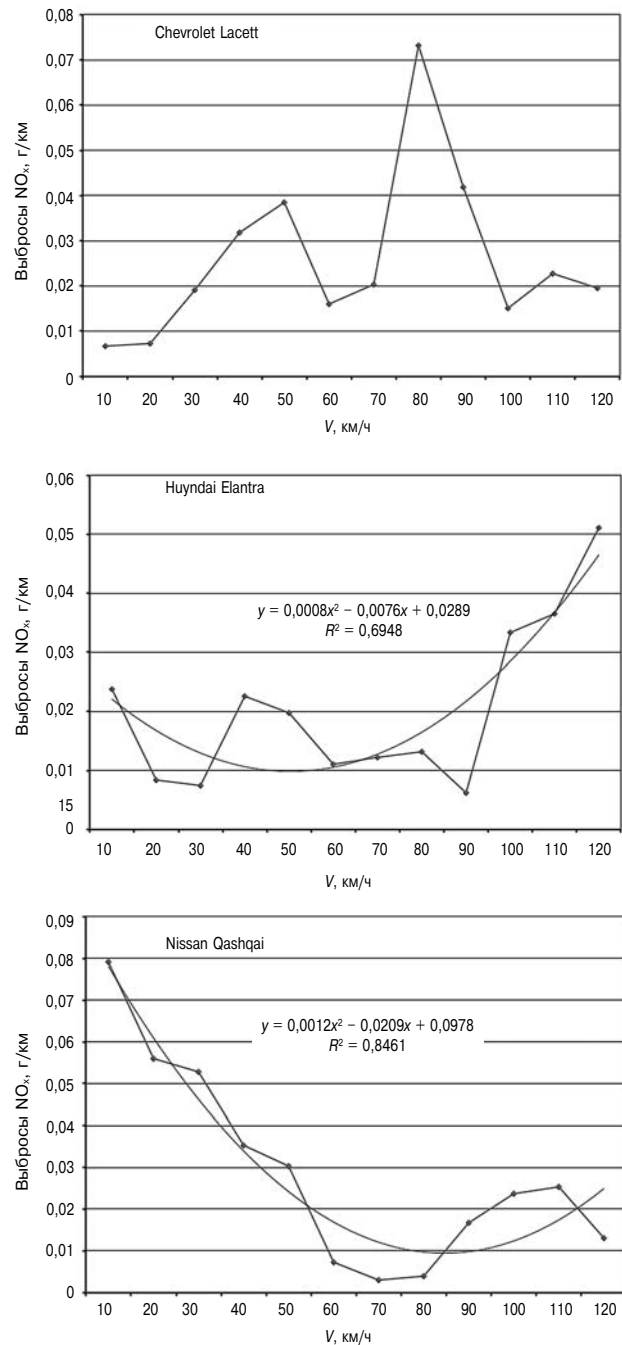


Рис. 4. Зависимость удельных выбросов NO_x от скорости движения на зарубежных автомобилях, младше 5 лет, оснащенных трехкомпонентным КН (Chevrolet Lacetti, Hyundai Elantra, Nissan Qashqai) и соответствующих классам экологической опасности Евро 3 (Chevrolet Lacetti, Hyundai Elantra) и Евро 4 (Nissan Qashqai)

изменение эффективности протекания процесса восстановительного катализа в КН.

Нельзя исключать и влияние практически нерегулируемых непрерывно протекающих в условиях нестационарного температурно-концентрационного режима катализа процессов физической блокировки и регенерации активной поверхности катализатора.

Таблица 3

Усредненные удельные выбросы NO_x различных групп автомобилей

Возраст автомобиля	Доля в парке, %	Экологический класс	NO _x , г/км		
			Диапазон удельных выбросов	Максимально разрешенный удельный выброс	Усредненный удельный выброс
Отечественные автомобили >10 лет	44,5	Не определен	0,5–2,3	Не определен	1,2
Зарубежные автомобили >10 лет	44,5	Евро 0 Евро 1 Евро 2	0,4–1,5	Евро 1* — 0,9 Евро 2* — 0,5	0,7
Отечественные и зарубежные автомобили 5–10 лет	24,8	Евро 1 Евро 2 Евро 3	0,15–0,35	Евро 1* — 0,9 Евро 2* — 0,5 Евро 3 — 0,15	0,2
Отечественные и зарубежные автомобили <5 лет	29,7	Евро 3 Евро 4 Евро 5	0,01–0,07	Евро 3 — 0,15 Евро 4 — 0,08 Евро 5 — 0,03	0,03

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что независимо от типа легкового автомобиля, его возраста и марки используемого топлива минимальные выбросы окислов азота наблюдаются при равномерном движении автомобиля без остановок и разгонов в диапазоне скоростей от 40 до 90 км/ч, что соответствует минимальному расходу топлива, изменяющемуся от 7,0 до 11,0 л/100 км для испытанных автомобилей.

Для обеспечения оптимальной скорости движения легковых ТС в потоке по городским магистралям требуется правильное планирование городского движения, которое должно включать в себя сокращение продолжительности работы автомобиля на режимах холостого хода, ускорения и замедления путем синхронизации работы светофоров, замены наземных переходов подземными или надземными. Состояние и качество дорожного покрытия также оказывают существенное влияние на характер движения автомобилей, проблема «плохих» дорог по-прежнему актуальна для большинства городов России.

Полученные экспериментальные данные были использованы для коррекции методики определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга [18]. При назначении коэффициентов удельных выбросов NO_x легковым автотранспортом учитывались такие факторы, как представительность (доля) рассматриваемых групп автомобилей в автопарке Санкт-Петербурга и усредненный удельный выброс окислов азота, полученный для каждой из категорий легковых ТС (табл. 3).

Определенные усредненные значения удельных выбросов окислов азота для исследованных ти-

пов транспортных средств составили соответственно 1,2 г/км для автомобилей отечественного производства старше 10 лет; 0,7 г/км для зарубежных автомобилей старше 10 лет; 0,2 г/км для отечественных и зарубежных автомобилей от 5 до 10 лет и 0,03 г/км для отечественных и зарубежных автомобилей младше 5 лет. Полученные значения удельных выбросов NO_x для устаревших типов автомобилей практически совпадают со значениями, используемыми в «Методике определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов» [17] и в

«Методике определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга» [18].

Принимая во внимание, что за последние 5 лет парк легковых автомобилей в Санкт-Петербурге в значительной мере обновился (см. рис. 1, табл. 3), было предложено внести изменения в методику [18] и использовать для определения величины выбросов окислов азота легковым автотранспортом усредненный удельный выброс, рассчитанный с учетом представительности (доли) рассматриваемых групп автомобилей в автопарке Санкт-Петербурга и удельных выбросов окислов азота, полученных для каждой из категорий легковых ТС (табл. 3). Определенный таким способом усредненный удельный выброс NO_x составил 0,5 г/км пробега. Это значение будет внесено в «Методику определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга», утвержденную распоряжением Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга.

Литература

1. Бондаренко Е.В., Ерохов Е.В. Образование окислов азота при сгорании моторных топлив // Вестник ОГУ. Транспортные системы. — 2004. — № 5. — С. 31–43.
2. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Воздух городов и его изменения. — СПб.: Астерион, 2008. — 254 с.
3. Зельдович Я.Б., Садовников П.Я., Франк-Каменецкий Д.А. Окисление азота при горении. — М–Л.: Изд. АН СССР, 1947. — 148 с.
4. Ложкин В.Н., Батурич С.А., Дьяченко Н.Х. Исследование мгновенных температур пламени в цилиндре дизеля на эксплуатационных режимах // Тепловыделение,

теплообмен и теплонапряженность высокофорсированных ДВС, работа их на неустановившихся режимах // Сб. тр. ЛПИ. — Л. : ЛПИ, 1976.

5. Ложкин В.Н., Демочка О.И. Способы и средства уменьшения токсичных выбросов с отработавшими газами дизельных двигателей // Сб. научн. трудов ЦНИИТА. — Л. : ЦНИИТА, 1986. — Вып. 85–86.

6. Ложкин В.Н., Ложкина О.В. Перспективы сокращения экологического ущерба от автотранспорта в городах Российской Федерации на примере Санкт-Петербурга // Биосфера. — 2011. — № 4. — С. 409–418.

7. Ложкин В.Н., Ложкина О.В. Автомобильный транспорт и судьба биосферы — возможно ли избежать противостояния // Общество. Среда. Развитие. — 2011. — № 2. — С. 208–214.

8. Ложкин В.Н., Ложкина О.В. Контроль экологической безопасности транспортных средств. Контроль загрязнения атмосферы автомобильным транспортом. — СПб. : НПК «Атмосфера», 2011. — 302 с.

9. Ложкин В.Н., Николаенко А.В., Салова Т.Ю., Ольшевский Ф.О. Образование и распространение оксидов азота при работе стационарных дизельных установок // Улучшение эффективных, экологических и ресурсных показателей энергетических установок сельскохозяйственных тракторов и автомобилей // Сб. тр. СПбГАУ. — СПб. : СПбГАУ, 1997.

10. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология / Под ред. Луканина В.Н. — М. : Высш. шк., 2001. — 273 с.

11. Автомобильный рынок России 2005. Ежегодный справочник аналитического агентства «Автостат». — М., 2005. — 190 с.

12. Автомобильный рынок России 2006. Ежегодный справочник аналитического агентства «Автостат». — М., 2006. — 208 с.

13. Автомобильный рынок России 2007. Ежегодный справочник аналитического агентства «Автостат». — М., 2007. — 214 с.

14. Автомобильный рынок России 2008. Ежегодный справочник аналитического агентства «Автостат». — М., 2008. — 209 с.

15. Автомобильный рынок России 2009. Ежегодный справочник аналитического агентства «Автостат». — М., 2009. — 218 с.

16. Автомобильный рынок России 2010. Ежегодный справочник аналитического агентства «Автостат». — М., 2010. — 220 с.

17. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. — СПб. : НИИ Атмосфера, 1999.

18. Методика определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга. — СПб. : НИИ Атмосфера, 1999.

19. Boulter P.G., McCrae I.S., Green J. Primary NO₂ emissions from road vehicles in the Hatfield and Bell common tunnels. — Transport Research laboratory, UK. — 2007. — 58 с.

20. Hagman R., Gjerstad K.I., Amundsen A.H. NO₂ emission from the fleet of vehicles in major Norwegian cities. Challenges and possibilities towards 2025. — TOI Report 1168/2011. Institute of Transport Economics — Norway. — 2011. — 5 с.

21. Ishida H., Kawasaki S., Mohri Y., Furuya H., Kanayama T. On-board and roadside monitoring of NO_x and SPM emission from vehicles. // J. of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. — 2003. — Vol. 5. — С. 2398–2407.

22. Latham S., Kollamthodi S., Boulter P.G., Nelson P.M., Hichman A.J. Assessment of primary NO₂ emissions, hydrocarbon speciation and particulate sizing on a range of road vehicles. — TSE Division, Highways Agency. — 2001. — 100 с.

23. Ward H., Robertson S., Allosp R. Managing speed of traffic on European roads: non-accident external and internal effects of vehicle use and how these depends on speed // 9th International Conference «Road Safety in Europe». — Germany, 1998. — 12 с.

24. Yao X., Lau N.T., Chan C.K., Fang M. The use of tunnel concentration profile data to determine the ratio of NO₂/NO_x directly emitted from vehicles // Atmos. Chem. Phys. Discuss. — 2005. — Vol. 5. — С. 12723–12740.

25. Reducing NO_x emissions on the road. Proceedings of the European Conference of Ministers of Transport. — Dublin. — 2007. — 51 с.

ПРЕДЛАГАЕМ РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ Ориентировочные тарифы на 1 полугодие 2013 г.

Первая страница обложки	Полноцветная	40 000 руб.
Вторая и третья страницы обложки	Полноцветная	36 000 руб.
Четвертая страница обложки	Полноцветная	38 000 руб.
Внутри журнала из расчета одна страница формата А4	Полноцветная	36 000 руб.
	Черно-белая	30 000 руб.