

## Анализ опыта мониторинга загрязнения мелкодисперсной пылью при- дорожных территорий в странах ЕС и России

Д.А. Николенко<sup>1</sup>, Т.В. Соловьева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ростовский государственный строительный университет

<sup>2</sup>Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Аннотация:** В статье рассмотрены три метода оценки выбросов отработавших газов автотранспортных средств, используемых в странах ЕС. В первом методе используется топливо как показатель транспортной деятельности в сочетании со средними коэффициентами выбросов. Второй метод учитывает потребление топлива различными категориями транспортных средств и их стандарты для выбросов. Третий метод позволяет рассчитывать выбросы отработавших газов в сочетании технических данных и данных по транспортной деятельности. Приведены уравнения для оценки отработавших газов по каждому методу и рассмотрены примеры характеристик твердых частиц в выбросах от пассажирского и грузового транспорта. Предложено использовать логарифмический нормальный закон для зависимостей перехода от числа частиц к интегральным функциям распределения массы частиц по диаметрам.

**Ключевые слова:** Выбросы выхлопных газов, твердые частицы, концентрация загрязняющих веществ, показатель загрязнителя, категории автотранспортных средств, стандарт выбросов.

Запыленность придорожных территорий определяется четырьмя основными факторами: выбросами выхлопных газов автотранспортных средств, износом шин и тормозных колодок, разрушением дороги и грязью с поверхности дороги под динамическим воздействием автомобильного транспорта. Наиболее важными загрязняющими веществами, выбрасываемыми транспортными средствами являются: предшественники озона, парниковые газы, окисляющие вещества, твердые частицы (ТЧ), ядовитые вещества и тяжелые металлы.

Вычисление выбросов автотранспортных средств, представляется достаточно сложной и трудоемкой процедурой, требующей достоверных данных эксплуатации и коэффициентов выбросов.

Так, в ряде работ ученых из Волгограда были проведены исследования изменения концентрации и дисперсного состава пыли в зависимости от различных факторов в воздушной среде г. Волгограда [1-8]. Измерения прово-

дились в 8 районах города в жилой зоне на пересечении автомобильных дорог с интенсивным движением транспорта.

Для исследования дисперсного состава пыли в воздушной среде в различных районах г. Волгограда проводились измерения с использованием методики микроскопического анализа. Данная методика применяется для определения концентрации пыли по фракционному составу, выделяющейся от технологического оборудования, в воздух рабочей и санитарно-защитной зон и инженерно-экологические системы в промышленности. Результаты представлены в виде интегральной функции распределения массы частиц по диаметрам в вероятностно-логарифмической сетке (рис 1.).

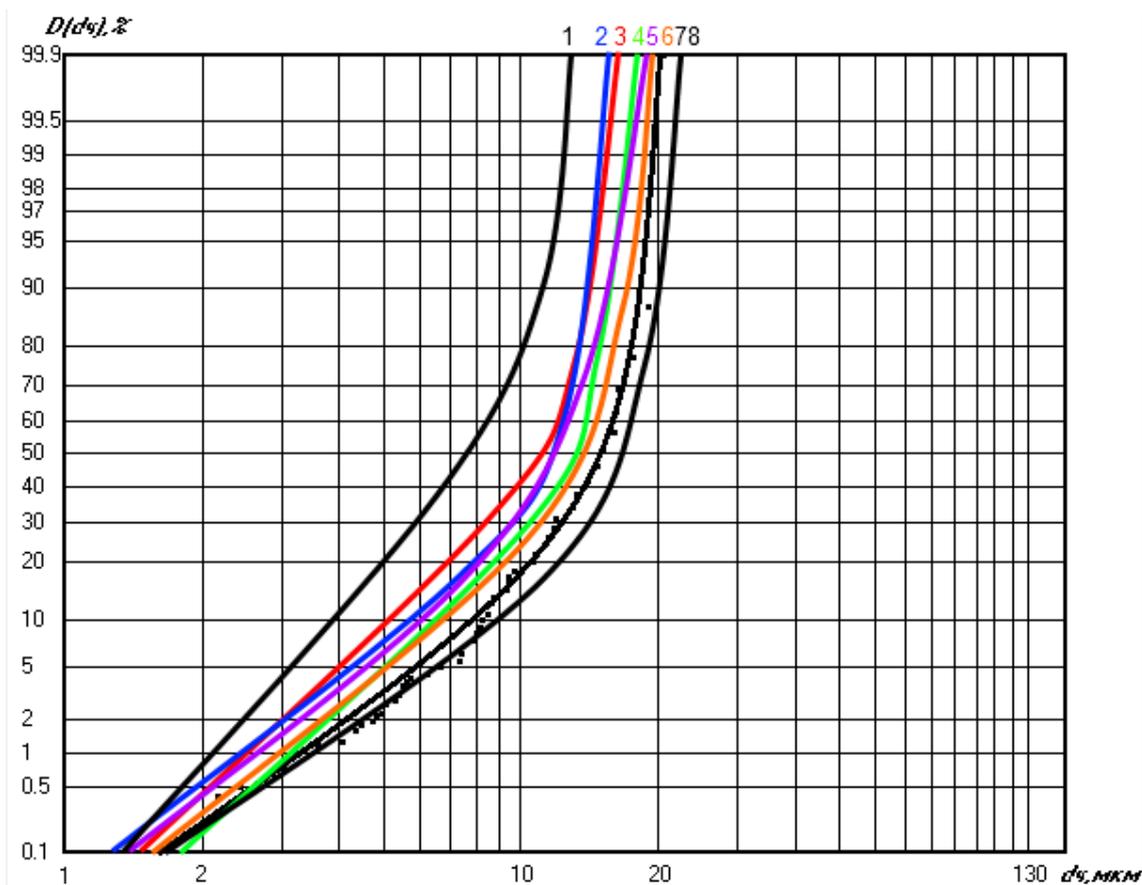


Рис. 1. Интегральные кривые распределения массы частиц по диаметрам в 8 районах г. Волгограда: 1 – Краснооктябрьский, 2 – Кировский, 3 – Тракторозаводский, 4 – Советский, 5 – Ворошиловский, 6 – Дзержинский, 7 – Центральный, 8 – Красноармейский

Анализ результатов полученных в утренние часы пик показал, что в воздухе городской среды вблизи автомобильных дорог присутствуют 80–99 % пыли менее 10 мкм ( $ТЧ_{10}$ ), а в вечернее время содержание  $ТЧ_{10}$  составляет 75–96%.

Концентрация пыли в атмосферном воздухе зависит от множества факторов, таких как климатологические, факторы режима движения транспортных потоков, наличие стационарных источников выбросов загрязняющих веществ и удаленность от них. При исследовании уровня запыленности городской среды анализировались следующие климатологические факторы: скорость ветра в различные промежутки времени; средняя температура воздуха, в различные промежутки времени; относительная влажность воздуха; атмосферное давление. Одним из основных факторов, влияющих на концентрацию пыли в воздушной среде является скорость ветра, при которой частицы способны подниматься в воздух. Была получена зависимость концентрации пыли и от скорости ветра, которые описываются уравнениями (1, 2)

$$C_{\Pi} = 0,2651 \ln(V_B) + 0,2236, \quad (1)$$

$$PM10 = 0,0999 \ln(V_B) + 0,1174, \quad (2)$$

где:  $C_{\Pi}$  – концентрация пыли в атмосферном воздухе,  $мг/м^3$ ;  $PM10$  – концентрация частиц менее 10 мкм,  $мг/м^3$ ;  $V_B$  – скорость ветра, м/с.

При этом достоверность аппроксимации  $R^2 = 0,9653$  для пыли  $ТЧ_{10}$ , что свидетельствует о достаточно высокой степени тесноты связей.

Были получены также зависимости концентрации пыли от относительной влажности воздуха и интенсивности транспортного потока.

При исследовании воздуха вблизи автомагистрали с умеренным движением было зарегистрировано присутствие до 6000 частиц фрагментов шин

в каждом м<sup>3</sup> воздуха, более 58,5 % из них способны проникать в легкие человека и вызывать аллергические и онкологические заболевания. Кроме того, большое количество пыли от различных источников оседает на поверхности магистралей и придорожных зон и пагубно влияет на здоровье населения.

Исследования, проведенные Аристотельским университетом, проектом Артемис (оценка и надежность моделей выбросов транспорта и систем регистрации) и др. в рамках ЕС [9-10], показали, что для оценки выбросов отработавших газов автотранспортных средств (пассажирский, легковой, грузовой транспорт, автобусы, мопеды и мотоциклы) можно использовать три уровня методики расчета коэффициентов выбросов.

Методики оценки выбросов охватывают выбросы таких отработавших газов, как CO (окись углерода), NO<sub>x</sub> (окислы азота, сумма NO и NO<sub>2</sub>), НМЛОС (неметановые летучие органические соединения), CH<sub>4</sub> (метан), CO<sub>2</sub> (двуокись углерода), N<sub>2</sub>O (закись азота), NH<sub>3</sub> (аммиак), SO<sub>x</sub> (окислы серы), выбросы твердых частиц (ТЧ), полиароматических углеродов (ПАУ) и стойких загрязняющих веществ, диоксинов и фуранов, а также тяжелых металлов, содержащихся в топливе.

Твердые частицы делятся на элементный углерод и органический углерод в зависимости от технологии транспортного средства. Выбросы твердых частиц транспортными средствами в основном приходятся на диапазон размером частиц ТЧ<sub>2,5</sub>, потому что более крупными фракциями ТЧ<sub>2,5-10</sub> в контексте выбросов отработавших газов транспортных средств можно пренебречь. Коэффициенты выбросов твердых частиц приводятся в виде числа частицы и площади поверхности для различных размеров.

Метод уровня 1 использует топливо как показатель транспортной деятельности в сочетании со средними коэффициентами выбросов, зависящих от используемого топлива. На практике данный метод следует применять только при отсутствии более детальной информации, чем статистика использования

---

топлива. В данном методе используется следующее общее уравнение для оценки выбросов отработавших газов:

$$E_i = \sum_j \left( \sum_m FC_{jm} \cdot EF_{ijm} \right), \quad (3)$$

где

$E_i$  — выброс  $i$ -го загрязняющего вещества, г;

$FC_{jm}$  — потребление топлива транспортным средством категории  $j$ , использующего топливо  $m$ , кг;

$EF_{ijm}$  — коэффициент выброса  $i$ -го загрязняющего вещества, зависящий от потребления топлива транспортным средством категории  $j$  и  $m$ -го топлива, г/кг.

Для уравнения (3) необходима статистика потребления топлива или статистика его продаж, которую нужно разбить по категориям транспортных средств. Коэффициенты выбросов уровня 1 дают несколько завышенные значения выбросов, чем по уровню 2 или 3.

Метод уровня 2 учитывает потребление топлива различными категориями транспортных средств и их стандарты для выбросов. Поэтому категории транспортных средств, используемые в методе уровня 1, подразделены на 4 различные технологии в соответствии с законодательством по сокращению выбросов.

Пользователю требуется предоставить число транспортных средств и ежегодный километраж в расчете на ту или иную технологию. Эти транспортные километры умножаются на коэффициенты выбросов. Тогда алгоритм записывается в виде уравнения (4):

$$E_{ij} = \sum_k (\langle M_{jk} \rangle \cdot EF_{ijk}) \quad \text{или} \quad E_{ij} = \sum_k (N_{jk} \cdot M_{jk} \cdot EF_{ijk}), \quad (4)$$

где

$\langle M_{jk} \rangle$  — суммарное расстояние, пройденное всеми транспортными средствами категории  $j$  и технологии  $k$  за год (транспортно-километр);

$EF_{ijk}$  — коэффициенты выбросов с учетом используемой технологии  $i$ -го загрязняющего вещества для транспортного средства категории  $j$  и технологии  $k$  (г/транспортно-километр);

$M_{jk}$  — среднее расстояние, пройденное каждым транспортным средством категории  $j$  и технологии  $k$  за год (транспортно-километр);

$N_{jk}$  — количество транспортных средств парка каждой страны категории  $j$  и технологии  $k$ .

Метод уровня 3 позволяет рассчитывать выбросы отработавших газов в сочетании надежных технических данных (например, коэффициентов выбросов) и данных по транспортной деятельности (например, суммарный километраж транспортного средства).

В предлагаемом методе суммарные выбросы отработавших газов от дорожного транспорта рассчитываются как сумма горячих выбросов (когда двигатель находится при нормальной рабочей температуре) и выбросов работы двигателя во время переходного теплового режима (названных, выбросами при «холодном запуске»). Концентрация некоторых загрязняющих веществ на стадии разогрева в несколько раз выше, чем при работе горячего двигателя. Суммарные выбросы можно рассчитать с помощью уравнения (5):

$$E_{\text{сумм}} = E_{\text{гор.}} + E_{\text{хол.}} \quad (5)$$

где

$E_{\text{сумм}}$  — суммарные выбросы (г) любого загрязняющего вещества для пространственного и временного разрешения приложения;

$E_{\text{гор.}}$  — выбросы (г) во время стабилизированной (горячей) работы двигателя;

$E_{\text{хол.}}$  — выбросы (г) во время переходного режима работы двигателя (холодный запуск).

Кроме того, делается различие между движением в городе, в сельской местности и на трассе (6), т.е.

$$E_{\text{сумм}} = E_{\text{город}} + E_{\text{сельск.}} + E_{\text{трасса}} \quad (6)$$

Выбросы горячего двигателя зависят от множества факторов, включая расстояние, на которое передвигается каждое транспортное средство, его скорость (или тип дорожного покрытия), возраст, объем двигателя и вес транспортного средства.

Для каждой категории и класса транспортного средства необходимо использовать различные коэффициенты выбросов, число транспортных средств и километраж в расчете на одно транспортное средство. Период времени (месяц, год и т.п.) зависит от рассматриваемого приложения.

Формула для расчета выбросов загрязняющих веществ горячим двигателем в случае оценивания ежегодных выбросов имеет вид (7):

$$E_{\text{горяч } jkr} = N_k \cdot M_{kr} \cdot e_{\text{горяч } jkr}, \quad (7)$$

где

$E_{\text{горяч } jkr}$  — выбросы с отработанными газами  $i$ -го загрязняющего вещества (г), произведенного в рассматриваемый период транспортным средством  $k$ -ой технологии, передвигавшегося по дорогам  $r$ -го типа;

$N_k$  — число транспортных средств (тр.)  $k$ -ой технологии, работавших во время рассматриваемого периода;

$M_{kr}$  — километраж в расчете на одно транспортное средство (км/тр), передвигавшегося по дорогам  $r$ -го типа транспортным средством  $k$ -ой технологии;

$e_{\text{горяч } jkr}$  — коэффициент выброса в (г/км) для  $i$ -го загрязняющего вещества, относящегося к транспортному средству  $k$ -ой технологии, передвигавшегося по дорогам  $r$ -го типа.

Выбросы при холодном запуске рассчитываются как дополнительные выбросы к тем выбросам, которые должны быть, если все транспортные средства работали при горячих двигателях и прогретых катализаторах. Соответствующий коэффициент, равный отношению выбросам при холодном двигателе к выбросам при горячем двигателе, используется для получения доли километража, пройденного с холодным двигателем. Этот коэффициент не постоянен для разных стран, так как характер передвижений и климатические условия влияют на время, необходимое для разогрева двигателя.

Выбросы при холодном запуске вводятся в расчет как дополнительный выброс на километр, используя формулу (8):

$$E_{\text{хол } ik} = \beta_{ik} \cdot N_k \cdot M_k \cdot e_{\text{горяч } ik} \cdot \left( e_{ik}^{\text{хол}} / e_{ik}^{\text{гор}} - 1 \right), \quad (8)$$

где

$E_{\text{хол } ik}$  — выбросы при холодном запуске  $i$ -го загрязняющего вещества (для отчетного года), произведенные транспортным средством  $k$ -ой технологии;

$\beta_{ik}$  — доля километража, пройденного с холодным двигателем или катализатором, работающим ниже рабочей температуры для  $i$ -го загрязняющего вещества и транспортного средства  $k$ -ой технологии;

$N_k$  — число транспортных средств (тр.)  $k$ -ой технологии, работавших во время рассматриваемого периода;

$M_k$  — суммарный километраж в расчете на одно транспортное средство (км/тр) для транспортного средства  $k$ -ой технологии;

$e_{ik}^{\text{хол}} / e_{ik}^{\text{гор}}$  — отношение холодных выбросов к горячим выбросам для  $i$ -го загрязняющего вещества и транспортного средства  $k$ -ой технологии.

Параметр  $\beta$  зависит от температуры окружающей среды (из практических соображений может быть использована среднемесячная температура) и средней дальности поездки  $l_{\text{поездка}}$ . Значение  $l_{\text{поездка}}$  должно быть в интервале

от 8 до 15 км. Поэтому было предложено значение 12,4 км, если не доступна надежная национальная оценка.

Предлагаемая ЕС методика позволяет корректировать расчеты выбросов в зависимости от возраста транспортного средства, улучшения топлива, наклона дороги и транспортируемого груза.

При этом следует учитывать, что коэффициенты выбросов, предназначенных для метода уровня 3, были получены на основе большого числа экспериментальных данных для отдельных транспортных средств. Они были получены в различных лабораториях Европы и характеристики этих выбросов были собраны в базу данных, которая имеется в программном средстве Corpert 4, и предполагает использование её для расчета выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов от автомобильного транспорта.

Приведем в качестве примера, полученные коэффициенты выбросов для мелкодисперсной пыли по методикам уровня 1 и уровня 3 [11, 12]. Значения характеристик твердых частиц, приведенные в таблицах 1-3, были получены в лабораторных условиях, при этом максимизировалась их концентрация, так как они должны были представлять почти максимальные скорости выбросов.

В таблице 1 максимальные значения соответствуют транспортным средствам без мер по сокращению выбросов, а максимальные значения соответствуют Европейским средним значениям за 2005 год.

Коэффициенты выбросов для характеристик твердых частиц по методу уровня 3 представлены в таблицах 2 и 3. Новые параметры включают: площадь активной поверхности ( $\text{см}^2/\text{км}$ ); суммарное число частиц (кол-во/км); число твердых частиц, поделенные на три диапазона размеров ( $<50$  нм,  $50-100$  нм,  $100-1000$  нм). Полное число частиц, выбрасываемых транспортными средствами, является показателем только полного потока выбросов, так как транспортное средство выбрасывает как твердые частицы, так и летучие частицы, а концентрация последних зависит от условий окружающей среды.

---

Таблица №1

## Коэффициенты выбросов уровня 1 для твердых частиц (ТЧ)

Категории	Топливо	ТЧ (г/кг топлива)		
		Средний	Минимум	Максимум
Пассажирский транспорт	Бензин	0,03	0,02	0,04
	Дизельное топливо	1,10	0,80	2,64
	Сжиженный газ	0,00	0,00	0,00
Легковой транспорт	Бензин	0,02	0,02	0,03
	Дизельное топливо	1,52	1,10	2,99
Грузовой транспорт	Дизельное топливо	0,94	0,61	1,57
	Сжатый природный газ	0,02	0,01	0,04
2-х колесный транспорт	Бензин	2,20	0,55	6,02

В таблицах 2 и 3 использована следующая аббревиатура: фильтр твердых частиц для дизельного топлива (DPF); селективное каталитическое восстановление (SCR); непрерывно регенерируемый фильтр частиц (CRDPF). В таблице 3 даны характеристики твердых частиц от грузового транспорта для диапазона скорости 10–110 (км/ч).

Методики расчета коэффициентов выбросов можно применять и в странах, в которых не используются стандарты Евро. Для этого потребуются естественные допущения в отношении технологии регулирования выбросов в транспортном средстве, года производства и регистрации транспортного средства и общего уровня технического обслуживания действующего парка.

Таблица №2

## Выбросы твердых частиц от пассажирского транспорта



Показатель загрязнителя	Категория	Коэффициент выбросов (кол-во/км)		
		Городская среда	Сельская местность	Трасса
1	2	3	4	5
Число твер- дых частиц <50 нм	На дизельном топли- ве Euro 1	8,5E+13	8,6E+13	7,2E+13
	На дизельном топли- ве Euro 2	7,6E+13	7,6E+13	6,1E+13
	На дизельном топли- ве Euro 3	7,9E+13	7,1E+13	5,8E+13
	На дизельном топли- ве Euro 3 + DPF	5,5E+10	4,0E+10	2,3E+11
	На бензине Euro 1	3,2E+12	2,4E+12	8,6E+11
	На бензине Euro 3	9,6E+10	1,1E+11	5,5E+10
Число твер- дых частиц 50–100 нм	На дизельном топли- ве Euro 1	9,3E+13	7,8E+13	7,3E+13
	На дизельном топли- ве Euro 2	8,8E+13	7,7E+13	7,2E+13
	На дизельном топли- ве Euro 3	8,7E+13	6,8E+13	6,9E+13
	На дизельном топли- ве Euro 3 + DPF	2,3E+10	1,6E+10	9,4E+10
	На бензине Euro 1	1,4E+12	1,0E+12	3,4E+11
	На бензине Euro 3	4,4E+10	5,4E+10	2,8E+10

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
Число твердых частиц 100–1000 нм	На дизельном топливе Euro 1	5,4E+13	3,8E+13	4,0E+13
	На дизельном топливе Euro 2	5,1E+13	3,6E+13	4,0E+13
	На дизельном топливе Euro 3	4,5E+13	3,2E+13	3,5E+13
	На дизельном топливе Euro 3 + DPF	1,6E+10	1,2E+10	2,8E+10
	На бензине Euro 1	5,2E+11	3,7E+11	1,2E+11
	На бензине Euro 3	2,6E+10	3,4E+10	5,1E+10

Таблица №3

Характеристика твердых частиц от грузового транспорта (3,5 –7,5 т)

Показатель загрязнителя	Стандарт выбросов	Коэффициент выбросов (кол-во/км)		
		Городская среда	Сельская местность	Трасса
1	2	3	4	5
Площадь активной поверхности (см <sup>2</sup> /км)	Euro 2 и 3	2,62E+05	1,19E+05	1,61E+05
	Euro 2 и 3 + CRDPF	3,74E+04	1,06E+04	1,36E+04
	Euro 2 и 3 + SCR	4,2E+05	2,02E+05	2,45E+05
Общее число частиц (кол-во/км)	Euro 2 и 3	3,19E+14	2,72E+14	6,99E+14
	Euro 2 и 3 + CRDPF	1,26E+14	2,85E+13	5,48E+13
	Euro 2 и 3 + SCR	3,55E+14	3,04E+14	8,01E+14

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5
	Euro 4 + CRDPF	2,73E+12	2,12E+12	1,80E+12
	Euro 5 + SCR	7,96E+12	6,41E+12	7,44E+12
Число твердых частиц <50 нм	Euro 2 и 3	5,79E+13	3,04E+13	4,64E+13
	Euro 2 и 3 + CRDPF	1,80E+12	1,13E+12	2,61E+12
	Euro 2 и 3 + SCR	5,52E+13	3,15E+13	4,79E+13
	Euro 4 + CRDPF	5,79E+09	3,81E+09	5,04E+09
	Euro 5 + SCR	3,66E+12	1,69E+12	1,24E+12
Число твердых частиц 50–100 нм	Euro 2 и 3	6,68E+13	3,25E+13	4,26E+13
	Euro 2 и 3 + CRDPF	1,53E+12	8,56E+11	1,59E+12
	Euro 2 и 3 + SCR	7,27E+13	3,67E+13	4,53E+13
	Euro 4 + CRDPF	4,78E+09	2,46E+09	2,38E+09
	Euro 5 + SCR	4,19E+12	1,81E+12	1,26E+12
Число твердых частиц 100–1000 нм	Euro 2 и 3	9,66E+13	4,34E+13	4,47E+13
	Euro 2 и 3 + CRDPF	1,06E+12	5,10E+11	7,01E+11
	Euro 2 и 3 + SCR	1,53E+14	7,26E+13	6,88E+13
	Euro 4 + CRDPF	1,51E+10	5,62E+09	3,26E+09
	Euro 5 + SCR	7,21E+12	3,05E+12	2,04E+12

При этом нам представляется наиболее перспективным путь при оценке запыленности в применении стохастических зависимостей для регионов с использованием не только климатологических факторов, характеристик топлива, вида транспорта, скоростного режима, характера шин, а также коэффициентов, характеризующих степень износа дороги и её запыленности.

## Литература

1. Барикаева Н.С., Николенко Д.А., Исследование запыленности городской среды вблизи автомобильных дорог // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2013. № 11 (133). С. 75-78.

2. Азаров В.Н., Калюжина, Е.А. Об организации мониторинга  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  на примере г. Волгограда // Вестн. ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архитектура. 2011. Вып. 25 (44) С. 398-402.

3. Азаров В.Н., Кошкарев С.А., Николенко М.А., Бурханова Р.А. Исследование основных показателей пыли асбестоцемента в атмосферный воздух для оценки их влияния на качество жизни работающих // Инженерный вестник Дона. 2014. №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2539](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2539).

4. Азаров В.Н., Барикаева Н.С., Маринин Н.А., Мартынова О.А. Об исследовании дисперсионного состава пыли в воздухе жилых районов // Фундаментальные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации. Волгоград: Сборник научных трудов. 2013. С. 492-495.

5. Азаров В.Н., Барикаева Н.С., Лопатина Т.Н., Маринин Н.А. О загрязнении мелкодисперсной пылью воздушной среды городских территорий. // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2013. №1. С. 30-33.

6. Калюжина Е.А., Несветаев Г.В., Азаров В.Н. Исследование значений  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  в выбросах в атмосферу и рабочую зону при ремонтно-строительных работах // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. №1 (20). С. 24. URL:

[vestnik.vgasu.ru/attachments/KalyuzhinaNesvetaevAzarov-2012-1\(20\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/KalyuzhinaNesvetaevAzarov-2012-1(20).pdf).

7. Азаров В.Н., Тертишников И.В., Калюжина Е.А., Маринин Н.А. Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли ( $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$ ) в воздушной среде // Вестник ВолгГАСУ, сер. Строительство и архитектура. 2011. №25 (44). С. 402-407.

---

8. Азаров В.Н., Кошкарев С.А., Николенко М.А. Снижение выбросов систем обеспыливания с использованием дисперсионного анализа пыли в стройиндустрии // Инженерный вестник Дона. 2015. №1, ч.2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2838.

9. Ntziachristos L., Mellios G., Fontaras G., Kouridis C., Gkeivanidis S. Updates of the Guidebook Chapter on Road Transport. LAT Report NO 0706. 2007. pp. 63.

10. Johansson C., Norman M., Burman L. Road traffic emission factors for heavy metals. Atmospheric Environment, 2009, № 43, pp. 4681-4688.

11. Giechaskiel B., Ntziachristos L., Samaras Z., Scheer V., Casati, R. Formation Potential of Vehicle Exhaust Nucleation Mode Particle On-Road and in the Laboratory. Atmospheric Environment, Vol. 39, 2005, pp. 3191-3198.

12. Vouitsis E., Ntziachristos L., Samaras Z. Modelling of Diesel Exhaust Aerosol during Laboratory Sampling. Atmospheric Environment, Vol. 39, Issue 7, 2005, pp. 1335 - 1345.

### References

1. Barikaeva N.S., Nikolenko D.A., Al'ternativnaya energetika i ekologiya, 2013. № 11 (133). pp. 75-78.
2. Azarov V.N., Kalyuzhina E.A. Vestn. VolgGASU, ser. Str-vo i arkhitektura. 2011. №25 (44). pp. 398-402.
3. Azarov V.N., Koshkarev S.A., Nikolenko M.A., Burkhanova R.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2014. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2539.
4. Azarov V.N., Barikaeva N.S., Marinin N.A., Martynova O.A. Fundamental'nye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noy otrasli Rossiyskoy Federatsii. Volgograd. 2013. pp. 492-495.
5. Azarov V.N., Barikaeva N.S., Lopatina T.N., Marini N.A. Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii, 2013. №1. pp. 30-33.



6. Kalyuzhina E.A., Nesvetaev G.V., Azarov V.N. Internet-Vestnik VolgGASU. Ser.: Politematicheskaya. 2012. №1 (20). p. 24 URL: [vestnik.vgasu.ru/attachments/KalyuzhinaNesvetaevAzarov-2012-1\(20\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/KalyuzhinaNesvetaevAzarov-2012-1(20).pdf)
7. Azarov V.N., Tertishnikov I.V., Kalyuzhina E.A., Marinin N.A. Vestnik VolgGASU. Ser.: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2011. №25 (44). pp. 402-407.
8. Azarov V.N., Koshkarev S.A., Nikolenko M.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2015. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2838](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2838).
9. Ntziachristos L., Mellios G., Fontaras G., Kouridis C., Gkeivanidis S. Updates of the Guidebook Chapter on Road Transport. LAT Report NO 0706. 2007. pp. 63.
10. Johansson C., Norman M., Burman L. Road traffic emission factors for heavy metals. Atmospheric Environment. 2009. № 43. pp. 4681-4688.
11. Giechaskiel B., Ntziachristos L., Samaras Z., Scheer V., Casati R. Formation Potential of Vehicle Exhaust Nucleation Mode Particle On-Road and in the Laboratory. Atmospheric Environment. Vol. 39. 2005. pp. 3191-3198.
12. Vouitsis E., Ntziachristos L., Samaras Z. Modelling of Diesel Exhaust Aerosol During Laboratory Sampling. Atmospheric Environment. Vol. 39. Issue 7. 2005. pp. 1335 - 1345.