

ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИИ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ

Д.В. Абрамкина*, К.М. Агаханова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
г. Москва, Россия

*dabramkina@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Целью данной статьи является оценка качества внутреннего воздуха помещений образовательных учреждений путем измерения концентрации взвешенных частиц во внутреннем и наружном воздухе. В РФ нормирование предельно-допустимых концентраций недифференцированной по составу пыли в атмосферном воздухе происходит в зависимости от размеров частиц: PM_{10} – мелкодисперсные частицы, диаметром менее 10 мкм и $PM_{2,5}$ – мелкодисперсные частицы, диаметром менее 2,5 мкм.

Материалы и методы. В работе были выполнены измерения концентрации взвешенных частиц в воздухе шести аудиторий учебно-лабораторного блока Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ). Измерения концентрации в наружном воздухе были выполнены по периметру учебно-лабораторного блока в четырех расчетных точках. Для определения счетной концентрации аэрозольных частиц в воздушной среде использовали счётчик Fluke 985.

Результаты. Полученные результаты измерений концентрации (частица/м³) путем пересчета их в мг/м³ сравнивали с пороговыми значениями максимальных разовых концентраций взвешенных частиц.

Выводы. В штилевую погоду загрязнение воздуха мелкодисперсными частицами в приземном слое практически не оказывает влияния на качество внутреннего микроклимата в помещении, что связано со значительным снижением концентрации пыли по высоте и недостаточным расходом вентиляционного воздуха.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: взвешенные частицы, естественная вентиляция, воздухообмен, качество воздуха, подвижность воздуха, мелкодисперсные частицы, PM_{10} , $PM_{2,5}$.

© Д.В. Абрамкина, К.М. Агаханова



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

INFLUENCE OF NATURAL AIR EXCHANGE ON THE CONCENTRATION OF SUSPENDED PARTICLES

D.V. Abramkina, K.M. Agakhanova*

Moscow State University of Civil Engineering,
Moscow, Russia

*dabramkina@yandex.ru

ABSTRACT

Introduction. The purpose of the article is to assess the quality of indoor air in university by measuring the concentration of suspended particles. In the Russian Federation, the rationing of maximum permissible concentrations of undifferentiated dust in atmospheric air depends on particle size.

Materials and methods. The research carries out measurements of suspended particles concentrations in the air of six audiences in the Moscow State National Research University of Civil Engineering (NRU MGSU).

Results. The obtained results of concentration measurements (particle/m³) are recalculated in mg/m³, and compared with threshold values of maximum one-time concentrations of suspended particles.

Discussion and conclusions. In calm weather, air pollution by suspended particles in the surface layer practically does not affect the quality of internal microclimate, which is associated with significant decrease of dust concentration in height and insufficient air exchange in natural ventilation systems.

KEYWORDS: suspended particles, natural ventilation, air exchange, air quality, air mobility, fine particles, PM₁₀, PM_{2,5}

© D.V. Abramkina, K.M. Agakhanova



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ:

- естественное проветривание помещений практически не влияет на концентрацию взвешенных частиц, диаметром менее 2,5 мкм;

- приземные концентрации пылевых частиц PM_{10} , измеренные у застройки, расположенной вдоль автомобильных дорог, превышают максимально разовые ПДК.

ВВЕДЕНИЕ

Качество внутреннего воздуха образовательных учреждений играет ключевую роль в оценке состояния здоровья, самочувствия и работоспособности обучающихся. В среднем школьники и студенты проводят до 8 часов в день в закрытых помещениях.

Учебные аудитории и классы зачастую оборудуются системами естественной вентиляции, что преимущественно характерно для зданий, построенных до 1990 г. Одной из основных проблем таких систем является зависимость качества внутренней среды помещения от состояния атмосферного воздуха, что особенно актуально для крупных городов. При увеличении плотности застройки происходит значительное снижение приземной скорости ветра, зависящей от архитектурно-планировочной организации района, что ведет к ухудшению рассеивания вредных веществ.

Одним из ключевых показателей загрязненности воздуха является содержание в нем взвешенных частиц различного происхождения.

Как показывают многочисленные исследования [1,2,3,4], повышенные концентрации взвешенных частиц (пыли) в воздухе способствуют развитию аллергии, сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний. Для гигиенической оценки пыли наиболее важными признаками являются ее электрические свойства, дисперсность, химический состав и растворимость¹. В РФ нормирование предельно-допустимых концентраций (ПДК) недифференцированной по составу пыли в атмос-

ферном воздухе происходит в зависимости от размеров частиц²: PM_{10} – мелкодисперсные частицы, диаметром менее 10 мкм, и $PM_{2,5}$ – мелкодисперсные частицы, диаметром менее 2,5 мкм (ГН – таблица 1). В «Руководящих принципах ВОЗ по качеству воздуха»³ представлены пороговые значения среднесуточных и среднегодовых концентраций взвешенных частиц, оказывающих вредное воздействие на здоровье человека (ВОЗ – таблица 1).

Как видно из данных, представленных в таблице 1, Всемирная организация здравоохранения рекомендует придерживаться более низких значений ПДК взвешенных частиц, чем в ГН 2.1.6.3492-17. По прогнозам ВОЗ, уменьшение ПДК до рекомендованных значений ВОЗ позволит снизить смертность, связанную с загрязненностью атмосферного воздуха до 15%.

Канальные системы естественной вентиляции жилых и общественных зданий рассчитываются на разность плотностей наружного воздуха при температуре, равной 5 °С, и внутреннего воздуха при температуре в холодный период года.⁴ Средняя наружная температура г. Москвы большую часть года превышает расчетную для проектирования систем естественной вентиляции, фактически в этот период вентиляция помещений осуществляется за счет организации одностороннего или сквозного проветривания помещений через окна и форточки. В связи с вышесказанным основной задачей исследования является проведение оценки качества внутреннего воздуха учебных аудиторий образовательного учреждения, с целью выявления влияния состояния атмосферного воздуха на внутреннюю среду помещений при осуществлении естественного проветривания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения счетной концентрации аэрозольных частиц в воздушной среде использовали счётчик Fluke 985. Модель внесена в Государственный Реестр Средств измерений РФ.

¹ Ушаков К. З., Каледина Н.О., Кирин Б.Ф., Сребный М.А. Безопасность жизнедеятельности. М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2005. 429 с.

² Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 165 от 22 декабря 2017 г. об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений».

³ World Health Organization. WHO air quality guidelines global update 2005. Report on a working group meeting, Bonn, Germany. Geneva: WHO, 2005.

⁴ СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. - М., 2016. – 95 с.

Таблица 1
ПДК НЕДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПО СОСТАВУ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ (ПЫЛИ) В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

TABLE 1
MAC of undifferentiated composition of suspended particles (dust) in atmospheric air

Наименование вещества	Величина ПДК (мг/м ³)					
	максимальная разовая		среднесуточная		среднегодовая	
Взвешенные частицы, PM ₁₀	ГН	ВОЗ	ГН	ВОЗ	ГН	ВОЗ
		0,3	-	0,06	0,05	0,04
Взвешенные частицы, PM _{2,5}	ГН	ВОЗ	ГН	ВОЗ	ГН	ВОЗ
	0,16	-	0,035	0,025	0,025	0,01

Регистрация аэрозольных частиц производится на основе фотоэлектрического метода, использующего зависимость интенсивности рассеянных частиц света от размера частицы. Значения концентрации аэрозольных частиц рассчитываются с учетом заданного расхода пробы воздуха.

В качестве объекта исследования принят учебно-лабораторный блок (корпус Г) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования “Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет” (НИУ МГСУ) (рисунок 1).

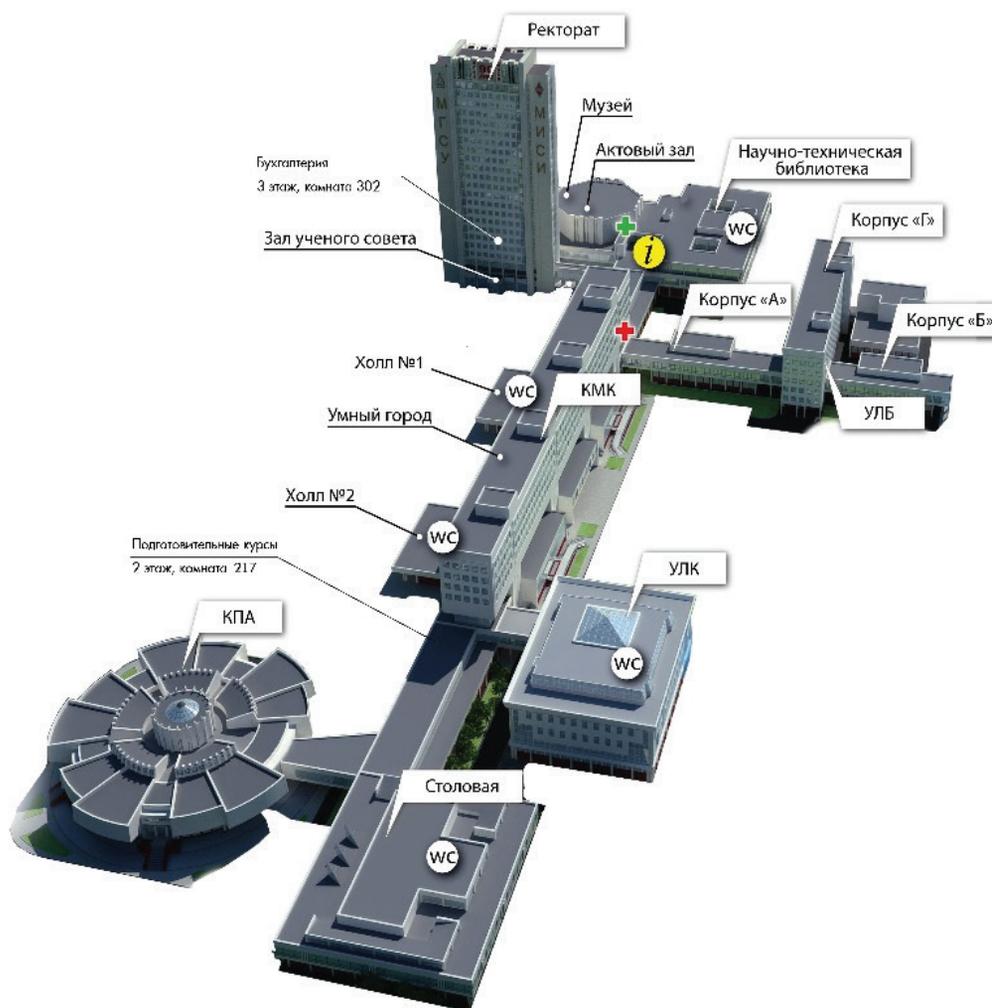


Рисунок 1 – Схема НИУ МГСУ

Figure 1 – NIU MGSU plan

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

С главного фасада учебно-лабораторного блока на расстоянии 350 м проходит Ярославское шоссе с интенсивным движением автотранспорта. Торцевые стороны выходят на автомобильную дорогу с менее интенсивным движением автомобилей и внутренний двор университета, а задний фасад корпуса – на автомобильную дорогу и национальный парк «Лосиный остров» (рисунок 2). Основной корпус КМК не затеняет рассматриваемый учебно-лабораторный блок от влияния Ярославского шоссе.



Рисунок 2 – НИУ МГСУ – снимок со спутника

Figure 2 – NRU MGSU - satellite image

Замеры проводились в течение одного солнечного рабочего дня. Измерения концентрации аэрозольных частиц в воздушной среде учебно-лабораторного блока были выполнены в шести аудиториях (рисунок 3):

- две одинаковые аудитории на четвертом этаже, окна которых выходят на противоположные стороны (ауд. 1 и 2);

- две одинаковые аудитории лекционного типа на четвертом этаже, окна которых выходят на противоположные стороны света (ауд. 3 и 4);

- аудитория на третьем этаже, окна которой выходят на шоссе (ауд. 5);

- аудитория на 5 этаже, окна которой выходят в сторону автомобильной дороги и парка (ауд. 6).

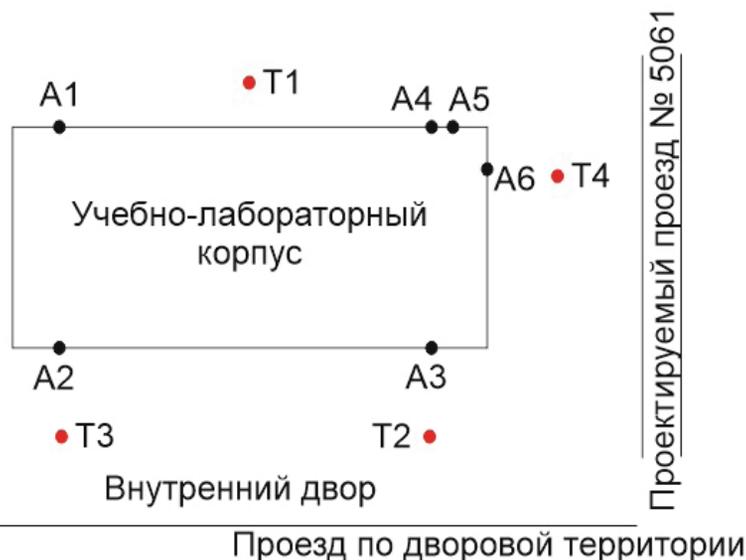
Во всех аудиториях, за исключением аудитории 6, были открыты окна. Измерения концентрации аэрозольных частиц в наружном воздухе были выполнены по периметру корпуса Г (рисунок 3):

- главный фасад (точка 1);

- задний фасад (точка 2 и 3);

- торцевая сторона корпуса со стороны дороги (точка 4).

Ярославское шоссе



Национальный парк «Лосиный остров»

Рисунок 3 – Схема размещения точек измерений

Figure 3 – Measurement points' scheme

Результаты проведенного исследования представлены в таблице 2.
Таблица 2
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Table 2
Research results

Номер аудитории	Концентрации частиц N, частиц/м ³ с размерами, равными или большими следующих значений:					
	0,3	0,5	1	2	5	10
A1	224 704 992	22 645 000	3 311 000	1 120 000	155 000	40 000
A2	134 730 000	11 635 000	1 714 000	595 000	98 000	21 000
A3	142 815 008	12 546 000	2 008 000	803 000	177 000	64 000
A4	137 839 008	12 008 000	1 797 000	614 000	108 000	33 000
A5	163 952 000	14 781 000	2 249 000	777 000	133 000	50 000
A6	58 745 000	12 929 000	2 495 000	571 000	23 000	4 000

При выполнении замеров был выбран объемный способ забора проб: в меню настройки пробы был задан объем пробы прибора, равный 1 л. После каждого замера концентрации выполнялась продувка датчика прибора с помощью адаптера и фильтра нулевого отчета.

Измерения производились в штилевую погоду. Среднесуточная скорость ветра составила 0,4 м/с.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для каждой точки проводилась серия пяти замеров. Результирующая погрешность результатов экспериментальных измерений не превысила 10%.

Нормирование чистоты внутреннего воздуха в помещении по концентрации частиц (частиц/м³) регламентируется только для чистых помещений⁵. Для помещений, оборудованных системами естественной вентиляции, концентрации пыли не должны превышать значений ПДК в атмосферном воздухе (см. таблицу 1).

Для оценки качества внутреннего воздуха учебных аудиторий был произведен пересчет концентраций частиц по формуле C , мг/м³:

$$C = N \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{D}{2} \right)^3 \cdot \rho \cdot 10^6,$$

D – диаметр частицы, м;

ρ – плотность частицы, кг/м³. Средняя плотность взвешенных частиц принимается равной 2,5 г/см³ [5].

Результаты расчета представлены в таблице 3.

Результаты измерения концентраций взвешенных частиц в атмосферном воздухе для расчетных точек 1– 4 представлены в таблице 4.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Распределение взвешенных частиц в атмосферном воздухе зависит от климатических условий [6]. В штилевую погоду происходит формирование стабильных атмосферных слоев с повышенными приземными концентрациями взвешенных частиц, что и явилось возможной причиной превышения максимально разовых значений ПДК в точках 1, 2, 4. Точка 2 располагалась рядом с местом проведения ремонтных работ, сопровождавшихся выделением деревянной пыли. Согласно исследованиям [7] при осуществлении деревообрабатывающих мероприятий около 10–17% всей массы взвешенных частиц образуют частицы с размерами, равными или большими 10 мкм (PM₁₀), доля частиц с размером 2,5 мкм и менее – 0,2–0,5% (PM_{2,5}). Скорость рассеивания деревянной пыли составляет 0,3–1,2 м/с. Вынос мелкодисперсных частиц в свободном состоянии загрязняет воздушную среду вблизи источника на время выполнения работ [8], наиболее вероятно, что в период проведения замеров в аудитории 3, окна которой выходят в сторону расчетной точки 2, увеличение концентрации частиц PM₁₀ обусловлено осуществлением естественного проветривания помещения.

Превышения ПДК в точках 1 и 4 обусловлены наличием автомобильных дорог. В связи с чем в аудиториях 1, 4 и 5 концентрации частиц

⁵ ГОСТ ИСО 14644-1-2002. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха. М., 2002. 40 с.

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Таблица 3
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ

Table 3
Calculation results of particles concentration in audience

Номер аудитории	Концентрации частиц С, мг/м ³ с размерами, равными или большими следующих значений:					
	0,3	0,5	1	2	5	10
A1	0,008	0,004	0,004	0,012	0,025	0,052
Взвешенные частицы, PM ₁₀	0,105					
Взвешенные частицы, PM _{2,5}	0,028					
A2	0,005	0,002	0,002	0,006	0,016	0,027
Взвешенные частицы, PM ₁₀	0,059					
Взвешенные частицы, PM _{2,5}	0,015					
A3	0,005	0,002	0,003	0,008	0,029	0,084
Взвешенные частицы PM ₁₀	0,131					
Взвешенные частицы PM _{2,5}	0,018					
A4	0,005	0,002	0,002	0,006	0,018	0,043
Взвешенные частицы, PM ₁₀	0,076					
Взвешенные частицы, PM _{2,5}	0,016					
A5	0,006	0,002	0,003	0,008	0,022	0,065
Взвешенные частицы, PM ₁₀	0,106					
Взвешенные частицы, PM _{2,5}	0,019					
A6	0,002	0,002	0,003	0,006	0,004	0,005
Взвешенные частицы, PM ₁₀	0,022					
Взвешенные частицы, PM _{2,5}	0,013					

Таблица 4
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ
Table 4
Calculation results of particles concentration in atmosphere

Расчетная точка	Концентрации частиц С, мг/м ³ с размерами, равными или большими следующих значений:					
	0,3	0,5	1	2	5	10
T1	0,006	0,004	0,007	0,026	0,115	0,232
Взвешенные частицы, PM ₁₀	0,389					
Взвешенные частицы, PM _{2,5}	0,043					
T2	0,006	0,003	0,006	0,026	0,109	0,260
Взвешенные частицы, PM ₁₀	0,411					
Взвешенные частицы, PM _{2,5}	0,042					
T3	0,008	0,005	0,006	0,018	0,059	0,119
Взвешенные частицы, PM ₁₀	0,214					
Взвешенные частицы, PM _{2,5}	0,036					
T4	0,006	0,003	0,006	0,023	0,086	0,186
Взвешенные частицы, PM ₁₀	0,310					
Взвешенные частицы, PM _{2,5}	0,038					

PM₁₀ выше, чем в аудитории, окна которой выходят во двор (аудитория 2).

В аудитории 6 при закрытых окнах концентрации частиц PM₁₀ и PM_{2,5} ниже, чем в остальных помещениях.

Так как измерения производились в штилевую погоду, подвижность воздуха в помещениях была близка к нулю. В неподвижном воздухе взвешенные частицы с размером менее 2,5 мкм практически не оседают и находятся в постоянном броуновском движении [9]. Поэтому концентрации PM_{2,5} в аудиториях практически не зависят от естественного проветривания помещений.

Выделение пыли от транспортного потока в основном зависит от процессов износа асфальтового покрытия, автомобильных покрышек, тормозных колодок и выделения выхлопных газов [10,11]. Концентрация взвешенных частиц уменьшается по высоте [12]. Облака пыли, поднимающиеся над автомагистралью, проникают между зданиями вглубь застройки. На уровне нижних этажей содержание крупных пылевых частиц больше, чем на верхних [13]. В крупных городах возле магистралей наблюдается превышение ПДК в приземных слоях атмосферы [14], что также было получено в проведенных натуральных исследованиях, представленных в данной статье.

ВЫВОДЫ

Концентрации взвешенных частиц в учебных аудиториях с естественным воздухообменом зависят от кратности воздухообмена в помещении. В случаях неблагоприятных погодных условий для организации естественного проветривания (низкая скорость ветра⁶, недостаточная разница температур на поверхностях противоположных фасадах здания [15], что способствует уменьшению кратности воздухообмена), загрязнение воздуха мелкодисперсными частицами в приземном слое практически не оказывает влияния на качество внутреннего воздуха. В данном случае концентрация взвешенных частиц в помещении будет зависеть от наличия внутренних источников загрязнения – людей, мебели, отделочных материалов. Для проведения более полной оценки влияния состояния атмосферного воздуха на качество внутренней среды в помещении необходимо проведение дополнительных исследований при различных климатических условиях.

Низкая подвижность воздуха в учебных аудиториях препятствует оседанию PM_{2,5}, проведение измерений среднесуточных концентраций позволит выявить наличие превышений предельно допустимых концентраций мелкодисперсных частиц в условиях недостаточного воздухообмена в помещении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Annesi-Maesano I., Hulin M. et al. Poor air quality in classrooms related to asthma and rhinitis in primary schoolchildren of the French 6 cities study / I. Annesi-Maesano, M. Hulin, F. Lavaud, C. Raheison, C. Kopferschmitt, F. de Blay, D. Charpin, C. Denis // *Thorax* – 2012. – № 67. – Pp. 682-688. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22436169>
2. Annesi-Maesano I., Moreau D. et al. Residential proximity fine particles related to allergic sensitations and asthma in primary school children / I. Annesi-Maesano, D. Moreau, D. Caillaud, F., Y. Le Moullec, A. Taytard, G. Pauli, D. Charpin // *Respiratory Medicine* – 2007. – Vol. 101. – Iss. 8. – Pp. 1721–1729. DOI: 10.1016/j.rmed.2007.02.022
3. Rumchev K., Soares M., et al. The association between indoor air quality and adult blood pressure levels in a high-income setting / K. Rumchev, M. Soares, Y. Zhao, C. Reid, R. Huxley // *International Journal of Environmental Research and Public Health* – 2018. – Vol. 15. – № 9. – 2026. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/m/pubmed/30227637/>
4. Гасайниева А.Г., Гасайниева М.Г. О загрязнении атмосферы мелкодисперсной пылью и о ее влиянии на здоровье человека // *Инженерный вестник Дона*. 2017. № 4. С. 173.
5. Назаров Б.И., Шукуров А.Х., Абдурасулова Н.А., В.А.Маслов, Насруллоев Х., Абдуллаев С.Ф. Исследование закономерности распределения размеров аэрозольных частиц в сильно запыленном воздухе / Б.И.Назаров, А.Х.Шукуров, Н.А.Абдурасулова, В.А.Маслов, Х.Насруллоев, С.Ф.Абдуллаев // *Доклады Академии наук республики Таджикистан*. 2007. Том 50. № 8. С. 673 – 680.
6. Чекман И.С., Сыровая А.О., Андреева С.В., Макаров В.А. Аэрозоли – дисперсные системы: монография / И.С. Чекман, А.О. Сыровая, С.В. Андреева, В.А. Макаров. X: «Цифрова друкарня №1», 2013. 100 с.
7. Сорокин Т.Ю., Сорокин А.Ю., Боженко

⁶ Марзаев А. Н., Жаботинский В.М. Коммунальная гигиена / А. Н. Марзаев, В. М. Жаботинский. М.: Медицина, 1979. 576 с.

ва А.С. О скорости оседания пыли при производстве деревянных строительных конструкций, подвергнутых обработке огнезащитными составами / Т. Ю. Сорокин, А. Ю. Сорокин, А. С. Боженкова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. № 50(69). С. 115–121.

8. Николенко Д.А., Шульга С.В., Барикаева Н.С. Модель дисперсного состава пыли в выбросах в атмосферу при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительная информатика. 2014. № 12 (36). С. 1–5.

9. Калюжина Е.А., Несветаев Г.В., Азаров В.Н. Исследования значений PM10 и PM2,5 в выбросах в атмосферу и рабочую зону при ремонтно-строительных работах // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. № 1 (20). С. 1–4.

10. Селегей Т.С. Оценка качества атмосферного воздуха Новосибирска по массовой концентрации твердых частиц / Т.С. Селегей, К.П. Куценко, Н.Н. Филоненко, С.А. Попова, Т.Н. Ленковская, М.А. Бизин // Химия в интересах устойчивого развития. 2011. № 19. С. 401–407.

11. Николенко Д.А., Соловьева Т.В. Анализ опыта мониторинга загрязнения мелкодисперсной пылью придорожных территорий в странах ЕС и России / Д.А. Никоненко, Т.В. Соловьева // Инженерный вестник Дона. 2015. №3. С. 1–16.

12. Куценогий К.П., Куценогий П.К. Аэрозоли Сибири. Итоги семилетних исследований / К.П. Куценогий, П.К. Куценогий // Сибирский экологический журнал. 2000. № 1. С. 11–20.

13. Zhu Z., Hu R., Zheng X., Wang Y. On dust concentration profile above an area source in a neutral atmospheric surface layer / Z. Zhu, R. Hu, X. Zheng, Y. Wang // Environ Fluid Mech – 2017. № 17. Pp. 1171–1188. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10652-017-9542-z>

14. Мягков М.С. Если рядом автомагистраль. Воздух за окном // Территория и планирование. 2007. № 1(8). С. 50–54.

15. Мягков М.С., Алексеева Л.И. Особенности ветрового режима типовых форм городской застройки // Архитектура и современные информационные технологии (AMIT). 2014. № 1 (26). С. 1–15.

REFERENCES

1. Annesi-Maesano I., Hulin M. et al. Poor air quality in classrooms related to asthma and rhinitis in primary schoolchildren of the French 6

cities study. *Thorax*, 2012, no. 67, pp. 682–688. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22436169>

2. Annesi-Maesano I., Moreau D. et al. Residential proximity fine particles related to allergic sensations and asthma in primary school children. *Respiratory Medicine*, 2007, Vol. 101, Iss. 8, pp. 1721–1729. DOI: 10.1016/j.rmed.2007.02.022

3. Rumchev K., Soares M., et al. The association between indoor air quality and adult blood pressure levels in a high-income setting. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, Vol. 15, no. 9, 2026. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30227637>

4. Gasajnieva A.G., Gasajnieva M.G. O zagryaznenii atmosfery melkodispersnoj pyl'yu i, o ee vliyanii na zdorov'e cheloveka [About atmospheric pollution with fine dust and its impact on human health]. *Inzhenernyj Vestnik Dona*, 2017, no. 4, pp. 173. (in Russian)

5. Nazarov B.I., Shukurov A.H., Abdurasulova N.A., V.A.Maslov, Nasrulloev H., Abdullaev S.F. Issledovanie zakonmernosti raspredelenija razmerov ajerozol'nyh chastic v sil'no zapylennom vozduhe [Study of the regularity of the size distribution of aerosol particles in highly dusty air]. *Doklady Akademii nauk respubliki Tadjikistan*, 2007, Tom 50, no 8, pp. 673 – 680. (in Russian)

6. Chekman I.S., Syrovaya A.O., Andreeva S.V., Makarov V.A. Aerozoli – dispersnye sistemy: Monografiya [Aerosols - disperse systems: monograph]. Kh: «Tsifrova drukarnya №1», 2013. 100 p.

7. Sorokin T.Yu., Sorokin A.Yu., Bozhenkova A.S. O skorosti osedaniya pyli pri proizvodstve derevyannykh stroitel'nykh konstruksii, podvergnutykh obrabotke ognezashchitnymi sostavami [About the sedimentation rate of dust in the production of wooden building structures subjected to flame retardant treatment]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2017, no 50(69), pp. 115–121. (in Russian)

8. Nikolenko D.A., Shul'ga S.V., Barikaeva N.S. Model' dispersnogo sostava pyli v vybrosakh v atmosferu pri stroitel'stve i ekspluatatsii avtomobil'nykh dorog [Model of the dispersed composition of dust in emissions into the atmosphere during the construction and operation of roads]. *Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Stroitel'naya informatika*, 2014, no. 12 (36), pp. 1–5. (in Russian)

9. Kalyuzhina E.A., Nesvetaev G.V., Azarov V.N. Issledovaniya znachenii RM10 i RM2,5 v vybrosakh v atmosferu i rabochuyu zonu pri remontno-stroitel'nykh [Studies of the PM10 values and PM 2.5 in emissions to the atmosphere and the working area during repair and construction]. *Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Politematicheskaya*, 2012, no 1 (20), pp. 1–4. (in Russian)

10. Selegei T.S. et.al. Otsenka kachestva atmosfernogo vozdukhNovosibirska po massovoi kontsentratsii tverdykh chastits [Assessment of the quality of atmospheric air in Novosibirsk by the mass concentration of solid particles]. *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya*, 2011, no 19, pp. 401–407. (in Russian)

11. Nikolenko D.A., Solov'eva T.V. Analiz opyta monitoringa zagryazneniya melkodispersnoi pyl'yu pridorozhnykh territorii v stranakh ES i Rossii [Analysis of the experience of monitoring the pollution of fine dust from roadside areas in the EU countries and in Russia]. *Inzhenernyi vestnik Dona*, 2015, no 3, pp. 1–16. (in Russian)

12. Kutserogii K.P., P.K. Aerizoli Sibiri. Itogi semiletnikh issledovaniy [Aerosols of Siberia. Results of seven years research] *Sibirskii ekologicheskii zhurnal*, 2000, no 1, pp. 11–20. (in Russian)

13. Zhu Z., Hu R., Zheng X., Wang Y. On dust concentration profile above an area source in a neutral atmospheric surface layer. *Environ Fluid Mech*, 2017, no 17, pp. 1171–1188. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10652-017-9542-z>

14. Myagkov M.S. Esli ryadom avtomagistral'. Vozdukh za okngom [If near is the motorway. Air outside]. *Territoriya i planirovanie*, 2007, no 1(8), pp. 50–54. (in Russian)

15. Myagkov M.S., Alekseeva L.I. Osobennosti vetrovogo rezhima tipovykh form gorodskoi zastroiki [Features of the typical forms wind regime of urban development]. *Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii (AMIT)*, 2014, no 1 (26), pp. 1–15. (in Russian)

Поступила 27.11.2018, принята к публикации 21.12.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Абрамкина Дарья Викторовна – преподаватель кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», ORCID ID 0000-0001-8635-

1669, SPIN-код 2376-9125, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, e-mail: dabramkina@yandex.ru).

Агаханова Каминат Мурадовна – аспирант, преподаватель кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», ORCID ID 0000-0003-0633-3845, SPIN-код: 1766-5242, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Abramkina Darya Viktorovna – Lecturer of the Heat, Gas Supply and Ventilation Systems Department, ORCID ID 0000-0001-8635-1669, SPIN-code 2376-9125, Moscow National Research University of Civil Engineering (129337, Moscow, Russia, 26, Yaroslavskoye Highway, e-mail: dabramkina@yandex.ru).

Agakhanova Kaminat Muradovna – PhD student, Lecturer of the Heat, Gas Supply and Ventilation Systems Department, ORCID ID 0000-0003-0633-3845, SPIN-code 2376-9125, Moscow National Research University of Civil Engineering (129337, Moscow, Russia, 26, Yaroslavskoye Highway).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Абрамкина Дарья Викторовна – составление обзора научной и нормативно-технической литературы, постановка цели и задач исследования, проведение натурного исследования, обработка результатов эксперимента.

Агаханова Каминат Мурадовна – разработка и описание методики проведения исследования, составление технического описания измерительных приборов, проведение натурного исследования, составление выводов.

AUTHORS CONTRIBUTION

Abramkina Darya Viktorovna – review of scientific, technical and regulatory literature; setting the main research idea and objectives of the research; experimental research; processing of experimental results.

Agakhanova Kaminat Muradovna – development and description of the research methodology, compilation of measuring devices description, experimental research, research conclusions.