

УДК 504.3.054:69

Д. П. Боровков^а, А. Б. Стреляева^а, С. Е. Манжилевская^б, Е. А. Калюжина^а

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Донской государственный технический университет*

К ОЦЕНКЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ В ПЫЛЕВЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЯХ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Ремонтно-строительные работы являются источником пылевого загрязнения воздушной среды городских территорий. Наибольший ущерб качеству воздушной среды наносят мелкодисперсные пылевые частицы фракций PM10 и PM2.5, содержание которых в пылевом загрязнении, образующемся при ремонтных и отделочных работах, может быть весьма существенным. С целью выяснения параметров загрязнения воздушной среды проведены измерения концентраций и определение фракционного состава пылевых выбросов часто используемых при отделочных работах строительных материалов. Определены доли пылевых частиц фракций PM10 и PM2.5 в пылевых выбросах при отделочных работах.

К л ю ч е в ы е с л о в а: пылевое загрязнение воздушной среды, качество воздушной среды городских территорий, пылевые частицы фракций PM10 и PM2.5, ремонтно-строительные работы, мелкодисперсная пыль.

Строительные работы являются мощным источником образования пылевых загрязнений [1—3]. Большая часть работ, составляющих технологический цикл возведения, реконструкции, а также сноса различных зданий и сооружений, непосредственно связана с использованием, образованием, транспортировкой и хранением сыпучих и пылевидных материалов [4—6]. Производство строительных материалов также вносит в процессы образования пылевых выбросов существенный вклад [7].

Значительная часть пылевых выбросов, образующихся в ходе строительства и сопряженных с ним процессов, характеризуется мелкодисперсной структурой, т. е. содержит значительное количество пылевых частиц фракций PM10 и PM2.5 [1—3]. Поэтому, несмотря на сравнительно низкую токсичность и локализованную область образования, строительная пыль способна оказывать весьма негативное воздействие на состояние воздушной среды. Пылевые частицы мелких фракций характеризуются повышенной способностью проникать в ткани живых организмов и подолгу задерживаться в них [1—4]. Кроме того, мелкодисперсная пыль легко распространяется в воздушной среде ввиду преобладания аэродинамических сил, обеспечиваемых конвективным движением воздуха, над весом¹ [8—14].

Одним из наиболее существенных источников выбросов строительной пыли в атмосферу являются ремонтно-строительные работы [1—3, 6]. Данный вид работ характеризуется значительной долей технологических процессов, напрямую связанных с механической обработкой строительных материалов (шлифовка, шпательная, измелчение, смешивание и т. д.), являющихся

¹ ГОСТ Р 70230—2022. Национальный стандарт Российской Федерации. Качество воздуха. Методика определения массовой концентрации взвешенных частиц PM2.5, PM10 в воздухе рабочей зоны на основе фракционного состава пыли. М. : Изд-во стандартов, 2022. 16 с.

причиной повышенных пылевывделений [1—8]. Отдельным видом ремонтно-строительных работ являются земляные работы, проведение которых также сопряжено с пылевывделением [2]. На рисунке 1 представлены результаты исследований по определению крупности пылевых частиц, образующихся при проведении ряда характерных видов ремонтно-строительных работ.

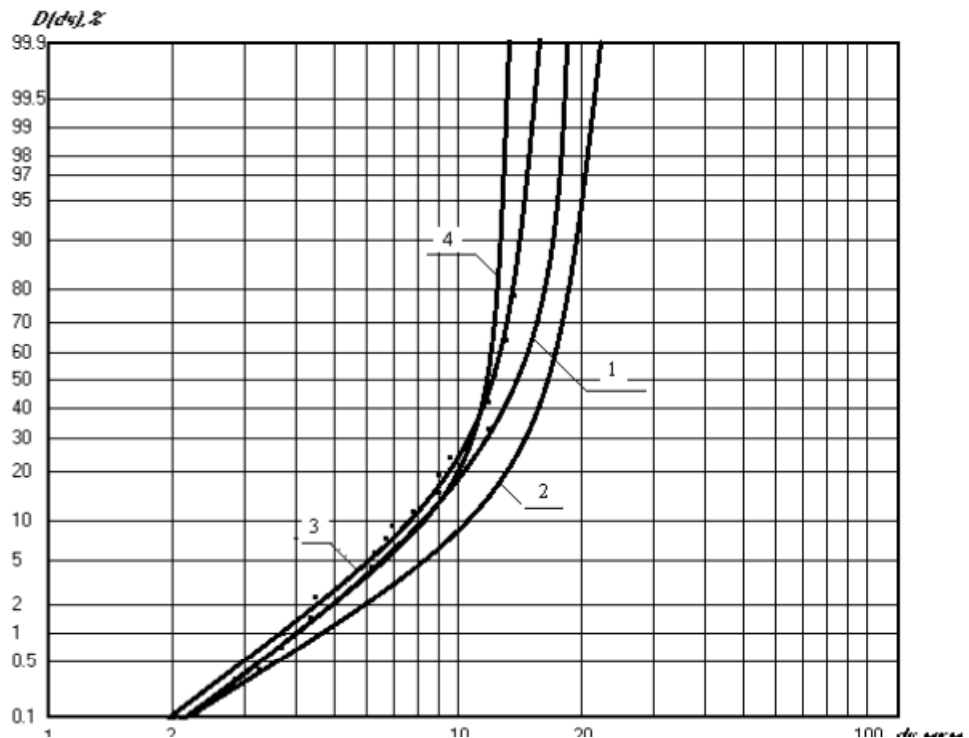


Рис. 1. Фракционный состав пылевых частиц, поступающих в воздушную среду при проведении: 1 — земляных работ (ремонт дворовых коммуникаций); 2 — отделочно-штукатурных работ (ремонт помещений и фасадов); 3 — ремонта деревянных элементов жилых зданий (дверей, окон, перекрытий); 4 — выполнения каналов для прокладки коммуникаций в ограждающих конструкциях

Как следует из представленных данных, доля частиц фракции PM10 во всех образцах пыли, отобранных для проведения исследований, составляет около 20 % от общей массы, что позволяет классифицировать исследуемые выбросы как мелкодисперсные² [9—12]. Таким образом, пылевые выбросы ремонтно-строительных работ должны нормироваться с учетом повышенного негативного влияния, оказываемого мелкодисперсной пылью на состояние воздушной среды. Однако на сегодня в действующих методиках учета и нормирования пылевых выбросов это практически не учтено³ [11, 15—18].

Для учета доли мелкодисперсных частиц в составе пылевых загрязнений, поступающих в атмосферный воздух городских территорий при проведении

² ГОСТ Р 70230—2022. Национальный стандарт Российской Федерации. Качество воздуха. Методика определения массовой концентрации взвешенных частиц PM2.5, PM10 в воздухе рабочей зоны на основе фракционного состава пыли. М. : Изд-во стандартов, 2022. 16 с.

³ Там же.

ремонтно-строительных работ, целесообразно определять массовые концентрации фракций РМ10, РМ2.5. Значение массовой концентрации пылевых частиц заданной фракции определяется как:

$$C_{dч} = D(d_ч) \frac{C_{общ}}{100}, \quad (1)$$

где $C_{общ}$ — массовая концентрация пылевых частиц, $\text{мг}/\text{м}^3$; $C_{dч}$ — массовая концентрация частиц, имеющих эквивалентный диаметр $d \leq d_ч$, $\text{мг}/\text{м}^3$; $D(d_ч)$ — интегральная функция распределения массы пылевых частиц по диаметрам, %.

На рисунке 2 приведены данные, полученные в ходе исследования параметров пылевого загрязнения воздушной среды дворовой территории городского многоэтажного здания, находящегося на этапе отделочных работ. Здание, выбранное для проведения исследования, имеет монолитную железобетонную конструкцию. На текущем этапе строительства в параллельном режиме проводятся работы по внешней отделке фасадов и отделке помещений. Замеры проводились со стороны дворового фасада. Отборы проб осуществлялись на расстоянии 10 м от дворового фасада на высоте 1,5 м. На момент отбора работы по остеклению не завершены. Замеры проводились в летнее время при безветренной погоде.

Таким образом, для гипсовой пыли, содержащейся в пробе, отбор которой производился при шлифовке поверхностей помещений, где в отделке применены гипсовые смеси (см. рис. 2, а), при значении общей концентрации пылевых частиц $C_{общ} = 3,15$ имеем:

$$C_{\text{PM10}} = \frac{3,15 \cdot 0,1}{100} = 0,00315 \text{ мг}/\text{м}^3, \quad (2)$$

$$C_{\text{PM2.5}} = \frac{3,15 \cdot 8,2}{100} = 0,253 \text{ мг}/\text{м}^3. \quad (3)$$

Аналогично для пыли бетона, отобранной во время штробления каналов для прокладки коммуникаций, при $C_{общ} = 4,62$:

$$C_{\text{PM10}} = \frac{4,62 \cdot 82}{100} = 3,741 \text{ мг}/\text{м}^3, \quad (4)$$

$$C_{\text{PM2.5}} = \frac{4,62 \cdot 0,14}{100} = 0,642 \text{ мг}/\text{м}^3. \quad (5)$$

А также для известковой пыли, выделяющейся в ходе работ по отделке фасада, при $C_{общ} = 2,19$:

$$C_{\text{PM10}} = 2,19 \text{ мг}/\text{м}^3, \quad (6)$$

$$C_{\text{PM2.5}} = \frac{2,19 \cdot 2,9}{100} = 0,064 \text{ мг}/\text{м}^3. \quad (7)$$

Данные, полученные в ходе измерений, сведены в табл.

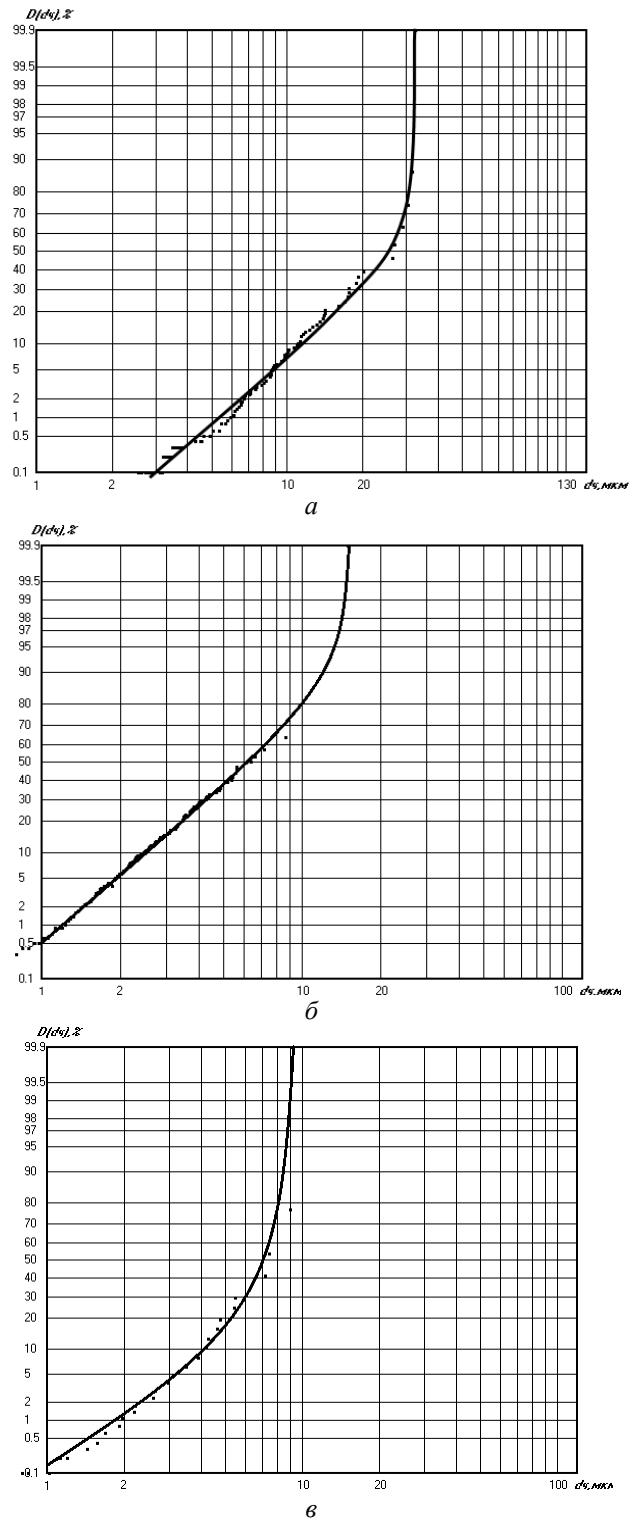


Рис. 2. Фракционный состав пылевых частиц строительных материалов, поступающих в воздушную среду при отделочных работах:
 a — частицы гипсовой пыли; $б$ — бетонной пыли; $в$ — цементной пыли

Концентрации пылевых частиц, содержащихся в атмосферном воздухе зоны, непосредственно прилегающей к зданию, при проведении отделочных работ

Тип пыли	Средняя концентрация, мг/м ³	$D(d_q)$ PM10, %	C_D (PM10), мг/м ³	$D(d_q)$ PM2.5, %	C_D (PM2.5), мг/м ³
Гипсовая	3,15	8,2	0,253	0,1	0,00315
Известковая	2,2	100	2,2	3	0,066
Бетонная	4,62	82	3,741	14	0,642
Цемент	18,25	8	1,46	0,1	0,019
Силикатная	1,14	35	0,39	0,5	0,006

Как следует из полученных данных, концентрации мелкодисперсных частиц, наблюдаемые при проведении отделочных работ, могут быть весьма значительны. Причем, для некоторых видов пыли, например известковой (см. рис. 2, б), практически вся масса частиц приходится на фракцию PM10, что с учетом негативных свойств мелкодисперсных пылевых частиц, описанных выше, дает основание полагать вредное воздействие ремонтно-строительных работ существенно недооцененным.

Выводы

1. Работы по ремонту и отделке зданий жилого фонда являются источником поступления мелкодисперсных частиц в воздушную среду городских территорий.

2. Пылевые частицы мелких фракций характеризуются повышенным негативным влиянием на окружающую среду ввиду повышенной способности к распространению и большой проникающей способности.

3. Концентрации мелкодисперсных частиц фракций PM10 и PM2.5 при проведении ремонтно-строительных и отделочных работ могут достигать весьма существенных значений ($> 3,5$ мг/м³);

4. С целью уточнения оценки негативного влияния пылевого фактора на состояние воздушной среды городских территорий при проведении ремонтно-строительных работ необходимо, помимо оценки общего количества и концентрации пылевых частиц, также определять соответствующие показатели для мелких фракций (PM10, PM2.5).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калюжина Е. А., Несветаев Г. В., Азаров В. Н. Исследование значений PM10 и PM2.5 в выбросах в атмосферу и рабочую зону при ремонтно-строительных работах // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Серия: Политематическая. 2012. Вып. 1(20). С. 24.
2. Стреляева А. Б., Калюжина Е. А. Запыленность городских территорий при проведении земляных и строительно-отделочных работ // Современная наука и инновации. 2017. № 4(20). С. 143—147.
3. Елфимов К. А., Калюжина Е. А., Моисеенко А. Ю., Азарова М. Д. Проблемы экологической безопасности при проведении отделочных работ на строительных объектах // Инженерный вестник Дона. 2021. № 7(79). С. 503—511.
4. Боровков Д. П., Козловцева Е. Ю., Иванов М. В., Тертишников И. В. Передвижная аспирационная установка для борьбы с пылевым загрязнением городской среды при сносе зданий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 1 (86). С. 196—205.
5. Боровков Д. П., Чичиров К. О., Грейсух Г. И., Ежов Е. Г. Мобильная аспирационная установка для погрузочных работ при демонтаже зданий // Региональная архитектура и строительство. 2019. № 2(39). С. 183—193.

6. *Азаров В. Н., Бурлаченко О. В., Бурлаченко А. О., Азарова М. Д.* Управление жизненным циклом объекта капитального строительства с минимизацией загрязнения атмосферного воздуха // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. № 3. С. 456—468.
7. *Азаров В. Н., Бурлаченко А. О.* Организация строительного производства с учетом экологической безопасности принимаемых решений // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2023. № 1(41). С. 76—83.
8. *Калюжина Е. А., Сергина Н. М., Елфимов К. А., Стреляева А. Б.* Исследование пылевыделений в окружающую атмосферу и в атмосферу рабочей зоны при производстве ремонтно-строительных работ // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 4(81). С. 371—378.
9. *Zhukova N. S., Kalyuzhina E. A., Azarov A. V., Strelyaeva A. B.* Calculation models for the dispersed composition integral functions approximation of the dust in the air // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 913. Iss. 1. 8 p.
10. *Стреляева А. Б., Барикаева Н. С., Калюжина Е. А.* Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсной пылью // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2014. Вып. 3(34). С. 11.
11. *Оводков М. В., Баранникова С. И., Азаров В. Н.* Актуализация сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2023. Вып. 1(90). С. 211—223.
12. *Sergina N., Nikolenko M., Pushenko S., Kondratenko T.* The principles of the layout and evaluation of systems for protection from dust pollution of the air // International Scientific Conference “Energy Management of Municipal Transportation Facilities”& “Transport EMMFT 2017”. 2018. Pp. 710—719.
13. *Manzhilevskaya S. E., Petrenko L. K., Azarov V. N.* Monitoring Methods for Fine Dust Pollution During Construction Operations // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies. 2019. Vol. 2. Pp. 332—340.
14. *Manzhilevskaya S. E., Petrenko L. K., Azarov V. N.* Vertical Distribution of Fine Dust During Construction Operations // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies. 2019. Vol. 2. P. 324—331.
15. *Manzhilevskaya S. E., Petrenko L. K., Azarov V. N.* Improving design solutions for the organization of construction production and the construction site equipment taking into account environmental safety during the reconstruction of facilities // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 913. Iss. 1. 8 p.
16. About the assessment of the chrisothal asbestos dust slip into the atmosphere as a random function / R. A. Burkhanova, M. Ostaali, M. A. Nikolenko, V. V. Lupinogin, V. N. Azarov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 537. 7 p.
17. *Azarov V., Petrenko L., Manzhilevskaya S.* The Study of Logal Dust Pollution of Atmospheric Air on Construction Sites in Urban Areas. // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies. 2018. Vol. 983. DOI: org/10.1007/978-3-030-19868-8-43.
18. *Strelyaeva A. B., Kalyuzhina E. A., Lupinogin V. V., Alkneume M. H. A.* Investigation of fine dust pollution during hard and soft works in warehouse complexes // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698. 7 p. DOI:10.1088/1757-899X/698/2/022035.

© Боровков Д. П., Стреляева А. Б., Манжилевская С. Е., Калюжина Е. А., 2024

Поступила в редакцию
в августе 2024 г.

Ссылка для цитирования:

Боровков Д. П., Стреляева А. Б., Манжилевская С. Е., Калюжина Е. А. К оценке концентрации мелкодисперсных частиц в пылевых загрязнениях воздушной среды, образующихся при проведении ремонтно-строительных работ // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 3(96). С. 125—131. DOI: 10.35211/18154360_2024_3_125.

Об авторах:

Боровков Дмитрий Павлович — д-р техн. наук, проф. каф. безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Стреляева Александра Борисовна — старший преподаватель каф. безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Манжильевская Светлана Евгеньевна — канд. техн. наук, доц. каф. организации строительства, Донской государственной технической университет (ДГТУ). Российская Федерация, 344001, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1; smanzhilevskaya@yandex.ru

Калюжина Екатерина Алексеевна — канд. техн. наук, доц. каф. безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Dmitrii P. Borovkov^a, Aleksandra B. Strelyaeva^a, Svetlana E. Manzhilevskaya^b, Ekaterina A. Kalyuzhina^a

^a *Volgograd State Technical University*

^b *Don State Technical University*

TO ASSESS THE CONCENTRATION OF FINE PARTICLES IN DUST POLLUTION OF THE AIR FORMED DURING REPAIR AND CONSTRUCTION WORK

Repair and construction works are a source of dust pollution of the air environment of urban areas. The greatest damage to the quality of the air environment is caused by fine dust particles of fractions PM10 and PM2.5, the content of which in dust pollution generated during repair and finishing works can be very significant. In order to clarify the parameters of air pollution, concentrations were measured and the fractional composition of dust emissions of building materials often used in finishing works was determined. The proportions of dust particles of fractions PM10 and PM2.5 in dust emissions during finishing works were determined.

Key words: dust pollution of the air environment, air quality of urban areas, dust particles of fractions PM10 and PM2.5, repair and construction work, fine dust.

For citation:

Borovkov D. P., Strelyaeva A. B., Manzhilevskaya S. E., Kalyuzhina E. A. [To assess the concentration of fine particles in dust pollution of the air formed during repair and construction work]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 3, pp. 125—131. DOI: 10.35211/18154360_2024_3_125.

About authors:

Dmitrii P. Borovkov — Doctor of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Aleksandra B. Strelyaeva — Senior Lecturer, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Svetlana E. Manzhilevskaya — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Don State Technical University (DSTU). 1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344001, Russian Federation; smanzhilevskaya@yandex.ru

Ekaterina A. Kalyuzhina — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation