

УДК 697.957

Ю. В. Старцева^а, А. А. Чернущенко^б, П. В. Гордина^а, Н. С. Бакин^б

^а *Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II*

^б *Волгоградский государственный технический университет*

ЗАПЫЛЕННОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Данная работа посвящена принципиальным аспектам экологического строительства, его влиянию на качество воздуха и здоровье жителей мегаполисов. Представлены результаты исследований запыленности воздуха при строительных работах, влияния пыли на окружающую среду и методы устранения строительной пыли.

Ключевые слова: строительная пыль, экологическое строительство, окружающая среда, загрязнение.

Тема экологического строительства становится все более актуальной в свете глобальных экологических изменений и ухудшения состояния здоровья населения. Многие архитекторы и строители начинают применять принципы устойчивого развития в своих проектах. Экологическое строительство подразумевает использование экологически чистых материалов, альтернативных источников энергии, энергоэффективность, а также сохранение природных ресурсов и устойчивое использование земель. По данным Всемирной организации здравоохранения, уровень загрязнения воздуха в городах по всему миру продолжает расти. Одним из основных источников этого загрязнения является строительная пыль. Согласно исследованиям, проведенным в крупных городах, таких как Москва, Санкт-Петербург и Екатеринбург, уровень концентрации частиц PM₁₀ и PM_{2,5} в атмосфере значительно превышает допустимые нормы.

Например, в Москве в 2022 г. уровень пыли в воздухе превышал нормы на 30 %, что связано с активным строительством новых жилых комплексов и коммерческих объектов. В Санкт-Петербурге, по данным экологов, строительные работы приносят около 40 % от общего загрязнения воздуха. Это приводит к таким последствиям для жителей мегаполисов, как ухудшение состояния здоровья и рост числа заболеваний органов дыхания. Строительная пыль состоит из мелких частиц, которые могут проникать в легкие и вызывать различные заболевания. Исследования показывают, что постоянное воздействие пыли может приводить к хроническим заболеваниям — астме, бронхиту и др. Существует связь между загрязнением воздуха и сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Согласно статистике, в городах с высоким уровнем строительной пыли в воздухе наблюдается рост числа госпитализаций с заболеваниями дыхательной системы. В Екатеринбурге в 2021 г. количество случаев госпитализации увеличилось на 15 % по сравнению с предыдущим годом, что связывают с активным строительством и высоким уровнем пыли в воздухе.

Негативное воздействие на окружающую среду при производстве ремонтно-строительных работ вызвано образованием пылевых частиц твердых отходов ремонтных работ и демонтажа зданий и сооружений. Такие работы

часто производятся в плотной городской застройке и негативное влияние оказывают не только на окружающую среду, но и на население близлежащих территорий [1, 2].

Увеличение загрязнения воздуха приводит к ускорению процесса разрушения различных материалов: кирпича, металлов, резины, ткани, бумаги, краски и др. В промышленных городах скорость коррозии железа в 3 раза выше, чем в городах без крупного промышленного производства, и в 20 раз выше, чем в сельской местности. Загрязнение воздуха также ускоряет износ покрытий из цинка в 5...6 раз и разрушает дерево, хлопок и кожу в несколько раз быстрее, чем в чистом воздухе.

Экологичность городской среды напрямую зависит от качества воздуха. Загрязненный воздух не только негативно влияет на здоровье человека, но и ухудшает состояние экосистем. Загрязнение воздуха, вызванное строительной пылью, приводит к ухудшению здоровья населения, особенно у людей с бронхолегочными заболеваниями.

Пыль может оседать на растениях, нарушая фотосинтез и снижая их жизнеспособность. Кроме того, строительная пыль может загрязнять водоемы вместе с дождевыми стоками, что приводит к дополнительным экологическим проблемам.

Степень негативного влияния строительной пыли на растения зависит от ее химического состава, растворимости в воде, скорости оседания, длительности нахождения на поверхности растений, а также вероятности образования воздухопроницаемых корок. Токсическое воздействие пыли может проявляться как непосредственно, так и косвенно, вызывая механические, физические или химические повреждения.

Строительная пыль состоит из мелких частиц, которые могут содержать различные вредные вещества, в т. ч. тяжелые металлы и химикаты. При строительстве и демонтаже зданий эти частицы поднимаются в воздух, создавая облака, которые могут распространяться на значительные расстояния.

Для снижения влияния строительной пыли на экологию необходимо принимать меры, в т. ч. использовать современные технологии и оборудование, которые минимизируют выбросы пыли в воздух. Важно соблюдать нормы и правила, регулирующие строительные работы, чтобы обеспечить безопасность работников и окружающих.

При демонтаже, а также при локальном ремонте железобетонных изделий, таких как плиты перекрытия, стеновые панели, участки монолита, стены фундамента и т. д., образуются крупный бой бетона, цементная крошка, части арматуры. Арматура при замене непригодных к дальнейшей эксплуатации участков на новые подвергается резке для облегчения транспортировки, вследствие чего в воздух выделяется металлическая пыль и окалина. Бетонный бой, остатки цемента при демонтаже и перегрузке в контейнеры образуют пыль различной дисперсности [3—6].

При выполнении демонтажа строительных конструкций и транспортировке отходов неизбежно образуется пыль, которая попадает в воздух. Этот процесс вызывается механическим взаимодействием различных строительных материалов, которые изготовлены из порошкообразных веществ (например, цемента, извести, гипса) или содержат такие материалы (кирпич, бетон, балки и панели). В результате происходит крошение и измельчение материа-

лов и образование пылевидных отходов. Пыль выделяется особенно интенсивно при работе с гирями, отбойными молотками, бульдозерами и экскаваторами. Также образование пыли вызывают погрузочно-разгрузочные работы и переработка материалов на площадке.

При перегрузке в специальные перевозные контейнеры отходы демонтажа сбрасывают с высоты оконных проемов, что является причиной интенсивного (пыление облаком, волной) распространения облака пыли в атмосфере (рис. 1).



Рис. 1. Контейнеры для сбора отходов ремонтно-строительного процесса

Для решения проблемы пыли необходим комплексный подход, включающий как технические, так и организационные меры. Одним из ключевых аспектов является контроль за строительными работами, в т. ч. регулярные проверки соблюдения экологических норм, использование современных технологий для пылеподавления, информирование работников о мерах безопасности. Важно проводить регулярные мониторинги качества воздуха вблизи строительных площадок [7—9]. Это позволит своевременно выявлять превышение допустимых концентраций пыли и принимать меры для их снижения. Внедрение систем автоматического контроля за уровнем пыли в воздухе может стать эффективным решением проблемы.

Одним из способов снижения загрязнения атмосферного воздуха при перегрузке отходов демонтажа строительных конструкций здания является использование защитных укрытий: закрытые контейнеры, сетки-барьеры, тентовые навесы.

Сетки-барьеры являются одним из способов предотвращения падения строительных отходов на работников и других людей. Специальные сетки устанавливаются на опорах, которые могут использоваться для обозначения зон, где происходит перегрузка строительных отходов. Сетки обычно уста-

навливаются на высоте от нескольких до десятков метров. Плюсы использования:

- безопасность — установка сеток-барьеров помогает предотвратить падение строительных отходов на людей;
- защита имущества — сетки-барьеры могут защитить имущество, находящееся на улице вблизи стройплощадки, от падающих отходов;
- простота установки — сетки легко устанавливаются и снимаются, что делает их удобными для использования;
- низкая стоимость — сетки являются относительно недорогим способом защиты от падения строительных отходов.

Эффективность использования сеток-барьеров зависит от правильной установки и обслуживания. Если сетки-барьеры установлены и поддерживаются в хорошем состоянии, они могут эффективно предотвращать падение строительных отходов на людей. Минусы использования сеток-барьеров:

- ограниченная эффективность — не всегда могут предотвратить падение строительных отходов, особенно с большой высоты или если отходы дополнительно движутся;
- необходима правильная установка — для эффективности необходимо правильно определить высоту установки и количество опор;
- регулярное обслуживание — требуют регулярного обслуживания и проверки для поддержания хорошего состояния и выполнения защитной функции;
- негативное влияние на обзорность — могут ограничивать обзорность на стройке, что повышает риск несчастных случаев.

Использование сеток-барьеров должно сопровождаться другими мерами безопасности, такими как использование сетчатых ограждений, установка противоударных барьеров и т. д. Кроме того, при использовании сеток-барьеров необходимо учитывать их влияние на обзорность и доступность рабочих мест. Таким образом, этот метод не может быть единственным, и его эффективность зависит от правильной установки, обслуживания и сочетания с другими мерами безопасности на стройке.

Тентовые навесы — это конструкции, которые устанавливаются над зонами перегрузки, чтобы предотвратить рассеивание пыли в окружающую среду. Они могут быть выполнены из различных материалов: ПВХ, текстиль, полиэстер и т. д. Основными преимуществами тентовых навесов являются:

- эффективность в предотвращении рассеивания пыли — способны удерживать пыль и другие мелкие частицы во время перегрузки строительных материалов. Это снижает воздействие выбросов пыли на здоровье людей и на окружающую среду в целом;
- удобство в установке и использовании — легко устанавливать и снимать в зависимости от нужд стройки, можно переместить в различные зоны, где они необходимы;
- экономически эффективный метод — могут быть более экономически эффективными, чем другие методы предотвращения рассеивания пыли, такие как увлажнение или использование химических реагентов.

Однако у тентовых навесов есть и недостатки. Они могут быть довольно дорогими и требовать значительных усилий для установки и снятия. Кроме того, они непрактичны в случаях, когда зона перегрузки находится на откры-

том воздухе или вблизи высоких строительных сооружений, которые могут препятствовать установке навеса. Другие недостатки:

- ограниченная защита — тентовые навесы защищают только зоны, находящиеся под ними;
- неэффективность в условиях сильного ветра или дождя;
- необходимость в регулярном обслуживании — требуют регулярного обслуживания и чистки для поддержания их эффективности.

Что касается эффективности предотвращения рассеивания пыли, то тентовые навесы могут быть очень эффективными, если они установлены правильно и использованы в сочетании с другими мерами предотвращения рассеивания пыли, например, с установкой системы орошения. Это может существенно уменьшить количество пыли, которое выходит за пределы зоны перегрузки.

Закрытие контейнеров для сбора строительных отходов используется для предотвращения распространения пыли в атмосфере во время транспортировки и складирования строительных отходов. Контейнеры для сбора отходов плотно закрываются, чтобы минимизировать высыпание материалов и их пыление. Когда контейнеры перевозятся на специальных машинах, они также закрыты, чтобы предотвратить выбросы пыли во время движения. Закрытие контейнеров для сбора строительных отходов помогает снизить распространение пыли в атмосфере и сократить время и усилия, необходимые для очистки строительной площадки и соседних территорий. Основными преимуществами закрытых контейнеров для сбора строительных отходов являются снижение риска загрязнения окружающей среды и улучшение условий работы на стройке. Закрытые контейнеры для сбора строительных отходов имеют высокую эффективность в снижении выбросов пыли и других вредных частиц в окружающую среду, снижают риск возгорания и уменьшают запахи от отходов, что улучшает условия труда и повышает безопасность на рабочем месте.

Недостатки закрытых контейнеров состоят в дополнительных затратах на их покупку и обслуживание, а также на обучение персонала работе с ними. Кроме того, использование закрытых контейнеров может не охватывать все типы строительных отходов, что требует дополнительных мер для их обработки и утилизации.

Эффективность закрытых контейнеров для сбора строительных отходов может зависеть от того, насколько хорошо они закрываются и как часто их опорожняют. Если контейнеры не закрываются должным образом или редко опорожняются, то эффективность снижается [10, 11].

Использование *открытого контейнера* для сбора строительного мусора имеет ряд преимуществ:

- удобство загрузки — разгрузки;
- габаритные размеры, что позволяет использовать их в стесненных условиях;
- легкость очистки;
- большая вместимость;
- экономичность.

Несмотря на перечисленные преимущества данного типа контейнеров, основным их недостатком является загрязнение воздуха частицами пыли, в т. ч. и мелкодисперсной [12—15].

Для локализации и очистки выбросов пыли, возникающих при загрузке сыпучих материалов в контейнеры, предлагается использовать укрытия, которые предотвращают распространение вредных веществ, а также мобильные установки, предназначенные для очистки пылевых загрязнений, возникающих при перегрузке отходов ремонтно-строительных работ (рис. 2).

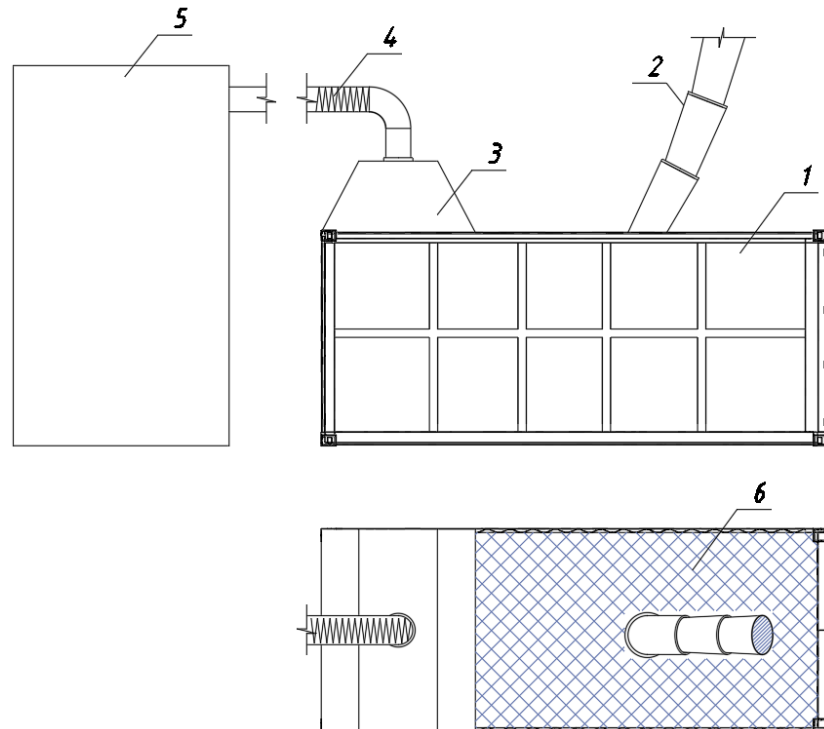


Рис. 2. Укрытие и система обеспыливания перегрузки отходов ремонтно-строительного процесса: 1 — контейнер; 2 — рукав для сброса отходов; 3 — аспирационное устройство (конфузор); 4 — гофрированный воздуховод; 5 — мобильная установка для очистки пылевоздушной смеси; 6 — укрытие контейнера (тент)

Укрытие представляет собой тент 6, натянутый по периметру контейнера 1 с технологическими отверстиями под аспирационное устройство 3 и рукава для сброса отходов ремонтно-строительных работ 2.

Отсос пыли осуществляется при помощи зонта 3, соединенного с установкой очистки воздуха 5 мягким гофрированным воздуховодом 4.

Для обеспечения необходимого уровня вихревого движения потока производится выбор геометрических параметров тангенциального закручивателя на основе установленной зависимости:

$$\Phi^* = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D(D-a)}{ab},$$

где D — диаметр цилиндрической части закручивателя; b — высота сечения тангенциального ввода закручивателя, отнесенная к диаметру цилиндрической камеры; a — ширина сечения тангенциального ввода закручивателя, отнесенная к диаметру цилиндрической камеры.

Для улавливания пылевых выбросов оптимально использование пылеуловителей на встречных закрученных потоках (ВЗП), которые характеризуются сравнительно более высокой степенью улавливания мелкодисперсной пыли.

Так как пылеулавливающий аппарат помещается в мобильную установку, то для соответствия массово-габаритным требованиям, предлагается использовать одноступенчатую схему системы очистки. Она включает рециркуляцию очищенного воздуха и разделение потока с помощью центробежного разделителя-концентратора (рис. 3).

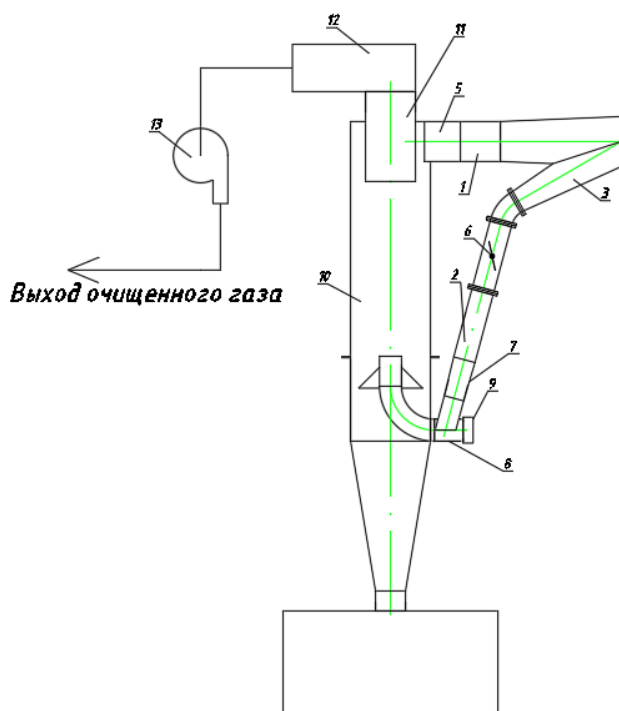


Рис. 3. Система мобильной установки для очистки пылегазовоздушной смеси:

- 1, 2 — воздуховоды; 3 — тройник; 4 — полувотвод; 5 — переход;
6 — заслонка; 7 — переход; 8 — закручиватель; 9 — штуцер для технического обслуживания;
10 — пылеуловитель ВЗП; 11 — выходной патрубок; 12 — раскручиватель потока;
13 — вентилятор; 14 — бункер для сбора пыли

Предлагаемая схема компоновки эффективно локализует пылевые выбросы, возникающие при заполнении мобильных емкостей, и обеспечивает высокую степень очистки воздушно-пылевой смеси. В то же время для достижения заданных характеристик необходимо обеспечить оптимальный аэродинамический режим работы. Основные параметры аэродинамического режима включают:

- общий объем удаляемой пылевоздушной смеси, который создает необходимое разрежение, предотвращающее выбросы смеси из бункера;
- интенсивность закрутки потока в начальном участке гибкого гофрированного воздуховода, снижающая риск образования пылевых отложений на его внутренних стенках;

- отношение объема газа, подаваемого на вторичный ввод пылеуловителя ВЗП, к общему объему, направляемому на очистку;
- отношение объема газа, поступающего на первичный ввод пылеуловителя ВЗП после прохождения разделителя-концентратора, к общему объему, подаваемому на очистку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Саркисян С. А., Шейна С. Г. Экологические решения в строительстве // Обеспечение безопасности: производственной, пожарной, экологической // Материалы I всероссийской (национальной) науч.-практич. конф. 2023. С. 223—224.
2. Aerodynamic Characteristics of Dust in the Emissions Into the Atmosphere and Working Zone of Construction Enterprises / V. N. Azarov, A. I. Evtushenko, V. P. Batmanov, A. B. Strelyayeva, V. V. Lupinogin // International Review of Civil Engineering. 2016. Vol. 7. Iss. 5. Pp. 132—136.
3. Азаров В. Н., Кошкарёв С. А., Николенко М. А. Об определении фактического размера частиц пыли в выбросах стройиндустрии // Инженерный Вестник Дона. 2015. Т. 1. Ч. 2. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n1p2y2015/2858/>.
4. Satrseva Yu. V., Chernushchenko A. A., Evtushenko A. I., Evtushenko I. I. Dust pollution of the air during the reloading of construction waste into a container // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 420. P. 7.
5. Чернущенко А. А., Старцева Ю. В. О влиянии пыли на здоровье рабочих предприятий по производству строительных материалов // Технические и естественные науки: сб. ст. по мат. междунар. научн. конф. 2020. С. 65—66.
6. Оценка PM10 и PM2,5 в жилищном строительстве / Д. В. Азаров, Н. А. Маринин, А. Б. Стреляева, В. А. Иванов, В. А. Шибаков // Жилищное строительство. 2013. № 2. С. 30—32.
7. Медведева Я. Е., Тумасян С. А. Оценка влияния строительной пыли на окружающую среду // Развитие городского строительства и хозяйства в трудах молодых ученых: сб. тр. науч.-практ. конф. Волгоград : 2023. С. 163—165.
8. Никитина Д. А., Калаев Р. Э., Муратова К. М. Исследование процесса очистки пылевоздушных потоков от строительной пыли // 74-я всероссийская науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Ярославль : 2021. С. 259—262.
9. Kalyuzhina E. A., Nesvetayev G. V., Azarov V. N. Investigation of PM10 and PM2,5 values in emissions into atmosphere and working area during construction work // VolGASU Internet-Herald: Polythematic. 2012. Vol. 1. Iss. 20. P. 24.
10. Мухеева Е. Д. Обзор экологических материалов в строительстве // Мировые научные исследования и разработки: современные достижения, риски, перспективы. Ставрополь : 2023. С. 56—58.
11. Мкртчян А. А., Костенко Г. Т., Кайванов Г. А., Зубайраев Х. С. Экологичные материалы, используемые в современном строительстве // Фундаментальная наука и технологии — перспективные разработки. 2019. С. 49—51.
12. Азаров В. Н., Маринин Н. А., Бурханова Р. А., Азаров А. В. О дисперсном составе пыли в воздушной среде в производстве строительных материалов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 30(49). С. 256—260.
13. Чернущенко А. А. Совершенствование систем обеспыливания при ремонтно-строительных работах: магистерская диссертация. Волгоград : Изд-во ВолГТУ, 2023. 84 с.
14. Stefanenko I. V., Trokhimchuk K. A., Trokhimchuk M. V. Urban area of the built-in areas // Applied Mechanics and Materials. 2018. Vol. 875. Pp. 183—186. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amm.875.183.
15. Старцева Ю. В., Чернущенко А. А. Аппараты очистки воздуха на производствах строительной индустрии // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса : мат. междунар. науч.-практ. конф. 2022. Волгоград : Изд-во ВолГТУ, 2022. С. 464—469.

© Старцева Ю. В., Чернущенко А. А., Гордина П. В., Бакин Н. С., 2025

Поступила в редакцию
28.04.2025

Ссылка для цитирования:

Старцева Ю. В., Чернущенко А. А., Гордина П. В., Бакин Н. С. Запыленность строительной площадки как фактор экологического строительства // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 2(99). С. 211—219. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_211.

Об авторах:

Старцева Юлия Владимировна — канд. техн. наук, доц. каф. начертательной геометрии и инженерной графики, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II. Российская Федерация, 199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21-я линия, 2; startseva_yuv@pers.spmi.ru

Чернущенко Андрей Алексеевич — аспирант каф. безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; andr0511@mail.ru

Гордина Полина Владимировна — студентка 1-го курса, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II. Российская Федерация, 199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21-я линия, 2; s240073@stud.spmi.ru

Бакин Никита Сергеевич — аспирант каф. безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Yulia V. Startseva^a, Andrey A. Chernushchenko^b, Polina V. Gordina^a, Nikita S. Bakin^b

^a *Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University*

^b *Volgograd State Technical University*

**DUST CONTENT OF A CONSTRUCTION SITE
AS A FACTOR IN ECOLOGICAL CONSTRUCTION**

This work explores the fundamental aspects of environmental construction, as well as its impact on the quality of air and the health of residents of megacities. The article presents the results of studies of air dust during construction work, the influence of dust on the environment and methods for eliminating construction dust.

Key words: construction dust, environmental construction, environment, pollution.

For citation:

Startseva Yu. V., Chernushchenko A. A., Gordina P. V., Bakin N. S. [Dust content of a construction site as a factor in ecological construction]. *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], 2025, iss. 2, pp. 211—219. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_211.

About authors:

Yulia V. Startseva — Candidate of Engineering Sciences, Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University. 2, 21st Line, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation; startseva_yuv@pers.spmi.ru

Andrey A. Chernushchenko — Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; andr0511@mail.ru

Polina V. Gordina — Student, Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University. 2, 21st Line, Saint Petersburg, 199106, Russian Federation; s240073@stud.spmi.ru

Nikita S. Bakin — Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; Kaf_bgdvt@mail.ru