

УДК 628.511.133

П.А. СИДЯКИН**Н.А. МАРИНИН****С.В. ШУЛЬГА****К.О. ЧИЧИРОВ**

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ КАК ИСТОЧНИК ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

ROAD CONSTRUCTION WORKS AS SOURCE OF DUST AIR POLLUTION

Рассмотрены причины образования пылевых загрязнений атмосферного воздуха при проведении дорожно-строительных работ. Приведен дисперсный анализ пыли, образующейся на различных циклах проведения дорожных работ, выполненный при помощи известной методики микроскопического анализа дисперсного состава. Представленный алгоритм позволяет получить более точное распределение масс частиц по диаметрам, т.е. оснастить эффективным оборудованием пылеудаления рабочее оборудование на конкретных этапах производства дорожно-строительных работ.

Ключевые слова: дорожные работы, запыленность, дисперсный состав.

Ремонтные и дорожно-строительные работы регулярно проводятся во всех городах России. Их технологические процессы на всех этапах производства сопровождаются интенсивным пылевыделением. Запыленный воздух на территориях, где осуществляются эти работы, представляет значительную угрозу для здоровья рабочих и людей, проживающих в непосредственной близости, так как в существующей практике системы аспирации воздуха для очистки от пыли используются недостаточно. При этом особую опасность представляет мелкодисперсная пыль с размерами частиц менее 10 мкм (PM_{10}) и менее 2,5 мкм ($PM_{2,5}$). Таким образом, изучение дисперсного состава пыли, образующейся при проведении ремонтных и дорожно-строительных работ, является актуальной задачей.

Для осуществления дисперсного анализа пыли, поступающей в атмосферный воздух при проведении ремонтных или дорожно-строительных работ, был произведен отбор проб в различных зонах пылеобразования и на разных стадиях технологического процесса с использованием известной методики

The causes of dust air pollution during road construction are viewed. The particulate analysis of dust generated at different cycles of road works executed by the procedure of microscopic analysis of the particle size distribution is done. The proposed algorithm allows to receive more precise classification of mass distribution on diameters, to equip work facilities with efficient dust extraction systems on different stages of road construction works.

Keywords: roadworks, dust, particulate composition.

микроскопического анализа [1] (фотографирование образцов через микрофотоприставку, обработка снимков в программе «SPOTEXPLORER»).

На рис. 1, 2 представлены результаты обследования пылевой обстановки при проведении дорожно-строительных работ на территории Краснодарского края. Среди проводимых этапов прокладки дорожного полотна выделяется устройство земляного полотна, а также возведение основания дорог, так как именно на данных этапах происходит выброс частиц мелкодисперсной пыли в атмосферный воздух.

Оказалось (рис. 1), что процентное содержание частиц PM_{10} составляет до 55 %, а $PM_{2,5}$ – 1,5 %, что превышает установленные в РФ ПДК пыли в воздухе жилой зоны [2, 3].

Затем определялись размеры частиц пыли сначала на асфальтобетонном заводе, во время приготовления смеси, а затем непосредственно на рабочем месте во время укладки слоя основания дорожного полотна (рис. 2). Производился принудительный отсос пыли в ходе технологического процесса, во время как при дорожных работах распространение

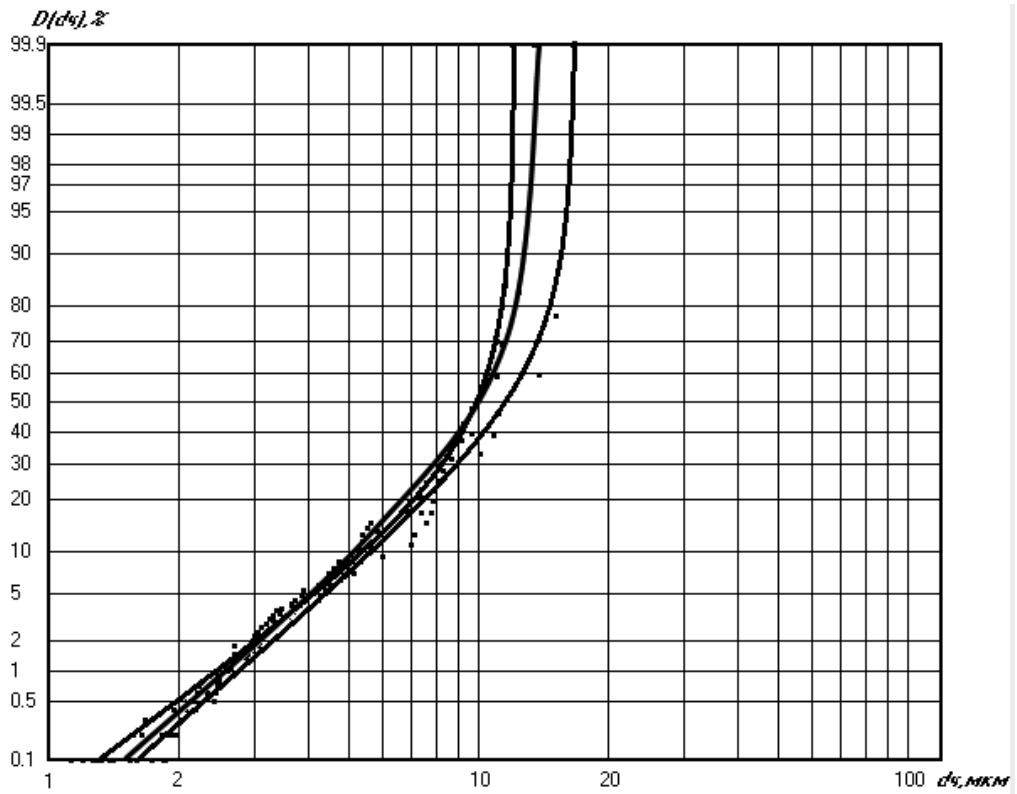


Рис. 1. Распределение частиц по диаметрам для пыли, отобранной при устройстве земляного полотна (суглинок тяжёлый пылеватый)

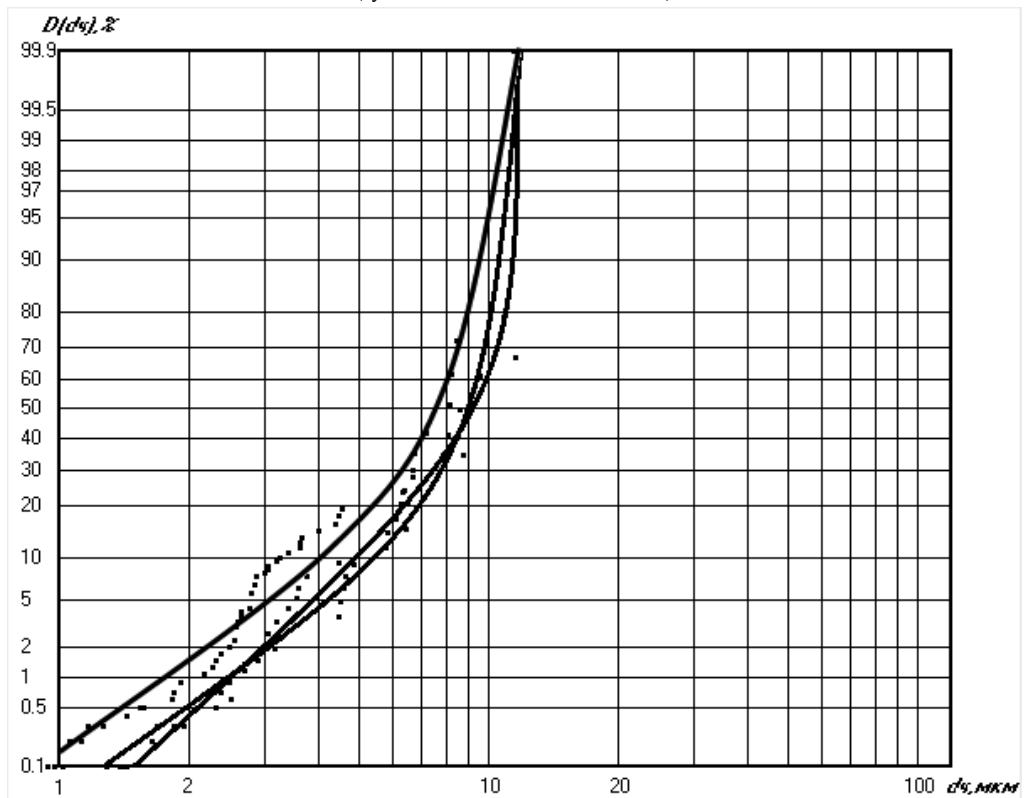


Рис. 2. Распределение частиц по диаметрам для пыли, отобранной непосредственно на рабочем месте во время укладки слоя основания дорожного полотна

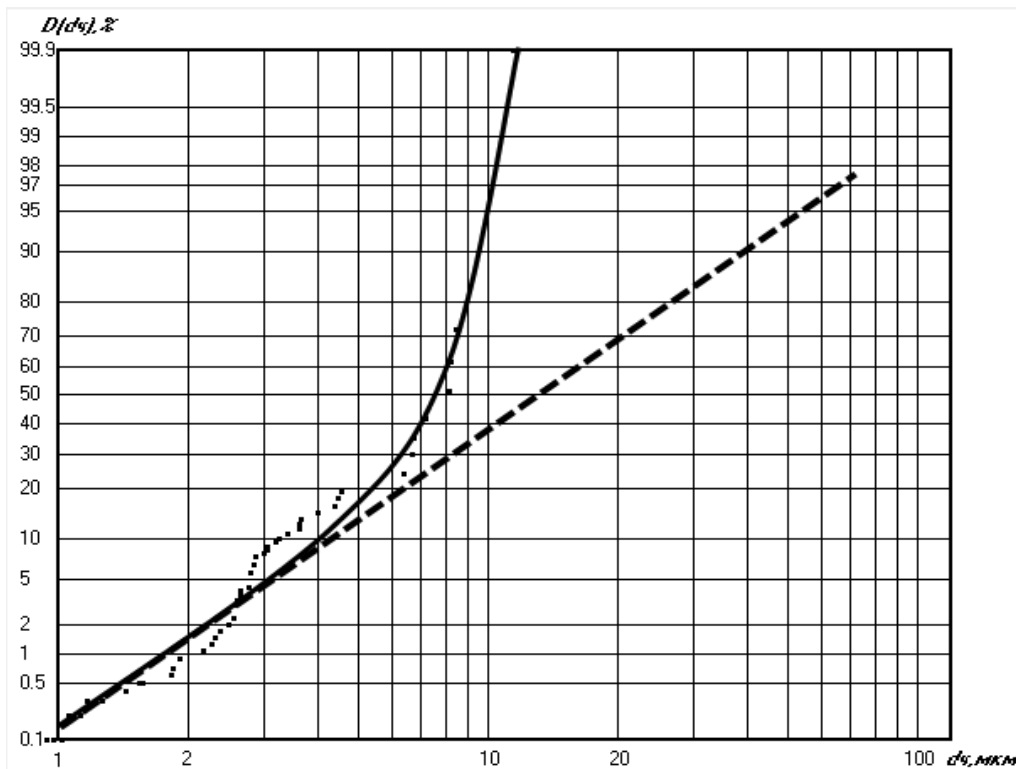


Рис. 3. Аппроксимация интегральной кривой линейной и гиперболической функциями

пыли происходило при естественных условиях. Доля частиц PM_{10} сократилась несущественно - от 100 до 96 %, а $PM_{2,5}$ - от 9 до 3,9 %.

Доля частиц PM_{10} достигает 100 % по всей массе частиц, а $PM_{2,5}$ - 9 %.

В данной пробе (рис. 2) доля частиц PM_{10} составляет 96 %, а $PM_{2,5}$ - 3,9 %. Концентрация PM_{10} составляет $0,48 \text{ мг/м}^3$, что значительно превышает нормативное значение ($0,3 \text{ мг/м}^3$). По $PM_{2,5}$ превышение не наблюдается ($0,02 \text{ мг/м}^3$).

Полученные интегральные кривые были описаны при помощи уравнения прямой на первом участке и гиперболической функцией на втором методом аппроксимации для наиболее наглядного отображения полученных результатов. Область значений всех размеров частиц представлена: первый участок $\delta \leq \delta_{кр1}$, второй участок $\delta_{кр1} \leq \delta < \delta_{кр2}$ (рис. 3).

Представим функцию на участке $[0, x_{кр1}]$ в виде уравнения прямой

$$y_1 = a_1 + kx. \quad (1)$$

График на участке $[x_{кр1}, x_{кр2}]$ аппроксимируем гиперболической возрастающей функцией, имеющей вертикальную асимптоту $x_{кр2} = \lg x_{кр2}$:

$$y_2 = a_2 + \frac{a_3}{x_{кр2} - x}. \quad (2)$$

Получаем

$$Y = \begin{cases} a_1 + kx, \\ a_2 + \frac{a_3}{x_{кр2} - x}. \end{cases} \quad (3)$$

В точке соединения $x = x_{кр1}$ равны не только значения функций $Y_1(x_{кр1})$ и $Y_2(x_{кр2})$, но и производные этих функций: $Y_1(x)$ - слева, $Y_2(x)$ - справа.

Равенство функций y_1 и y_2 в точке $x_{кр1}$ составляет

$$\begin{cases} Y_1(x_{кр1}) = a_1 + kx_{кр1}, \\ Y_2(x_{кр1}) = a_2 + \frac{a_3}{x_{кр2} - x_{кр1}}. \end{cases} \quad (4)$$

После ряда преобразований уравнения будут иметь вид

$$Y_i = \begin{cases} y_0 + k\bar{x}_i + \varepsilon_i, & \text{если } \bar{x}_i \leq 0 \\ y_0 + k \left[-1 + \frac{\Delta^2}{\Delta - \bar{x}_i} \right] + \varepsilon_i, & \text{если } 0 \leq \bar{x}_i < \Delta. \end{cases} \quad (5)$$

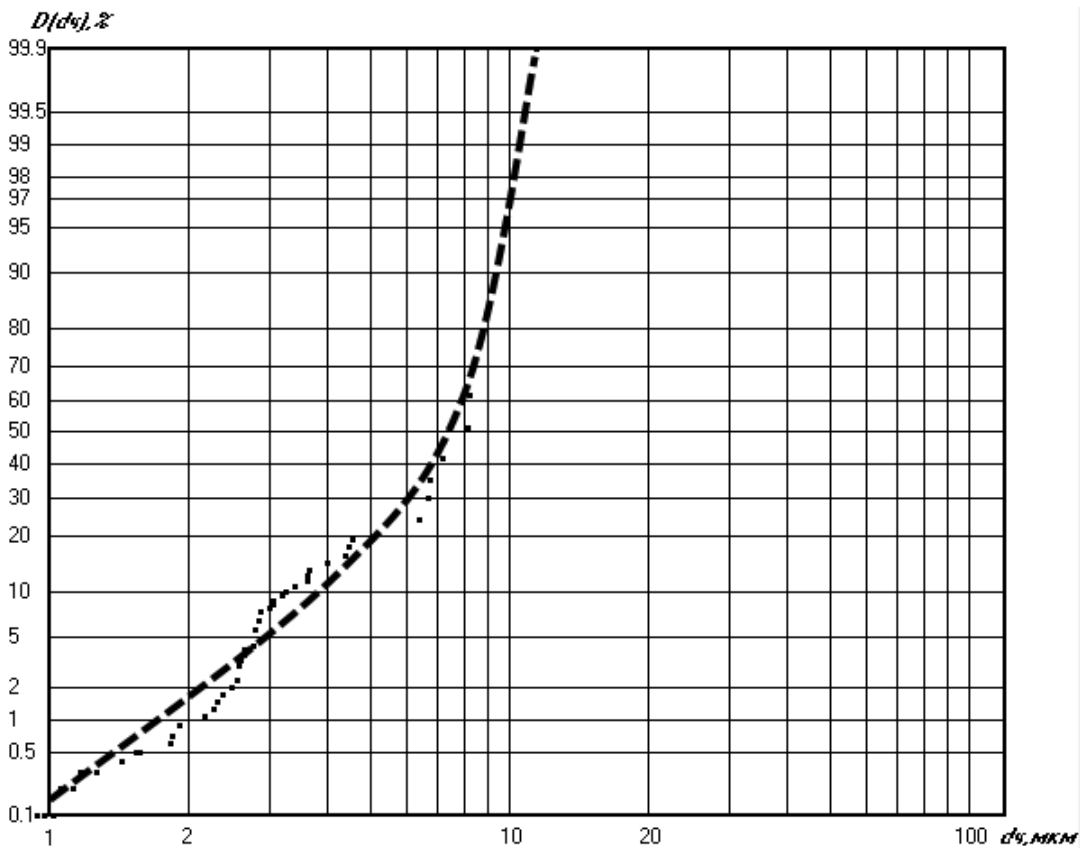


Рис. 4. Полученная интегральная кривая после аппроксимации

Задачей оптимального планирования является нахождение вектора $\bar{\theta} [y_0; k]$, содержащего неизвестные y_0 и k , из уравнения

$$Y = F(x_0) \bar{\theta} + \bar{\varepsilon},$$

где матрица F и вектор $\bar{\varepsilon}$ имеют следующий вид:

$$F(x) = \begin{pmatrix} 1 & \bar{x}_1 \\ 1 & \bar{x}_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \bar{x}_{p-1} \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \left(-1 + \frac{\Delta^2}{\Delta - \bar{x}_p}\right) \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \left(-1 + \frac{\Delta^2}{\Delta - \bar{x}_N}\right) \end{pmatrix}; \bar{\varepsilon} = \begin{pmatrix} \bar{\varepsilon}_1 \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \bar{\varepsilon}_n \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Находим вектор $\theta(y_0, k)$ из функции

$$Y = F(x_0) \theta + \varepsilon. \quad (7)$$

Согласно теореме Гаусса-Маркова,

$$\theta(x_0) = (F^T F)^{-1} F^T Y. \quad (8)$$

Поэтому для каждого x наименьшее по параметрам $y_{кр1}, k_1, k_2$ значение $\varepsilon^T \varepsilon$ рассчитываем следующим образом:

$$\min_{y_0, k_1, k_2} \varepsilon^T \varepsilon(x_0) = (Y - F(F^T F)^{-1} F^T Y)^T (Y - F(F^T F)^{-1} F^T Y). \quad (9)$$

Далее определяем величину x^0 , следуя из минимума отклонения $\varepsilon^T \varepsilon$, а именно методом последовательных приближений, при котором сплайн функция является приближением экспериментальных значений.

Последовательно рассчитав параметры k, a_1, a_2 и a_3 , подставляем в аппроксимирующие функции и получаем рис. 4.

Данный алгоритм позволяет получить более точное построение интегральной функции распределения массы частиц по диаметрам.

Вывод. Представленный алгоритм позволяет получить более точное распределение масс частиц по диаметрам, т.е. оснастить эффективными системами пылеудаления рабочее оборудование на конкретных этапах производства дорожно-строительных работ для значительного снижения пылевыделения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Азаров В.Н., Юркъян В.Ю., Сергина Н.М.* Методика микроскопического анализа дисперсного состава пыли с применением персонального компьютера (ПК) // Законодательная и прикладная метрология. 2004. № 1. С. 46-48.
2. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.2604-10. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
3. *Азаров В.Н., Маринин Н.А., Жоголева Д.А.* Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли (PM_{10} и $PM_{2,5}$) в атмосфере городов // Известия Юго-Западного государственного университета. Курск, 2011. №5 (38), ч. 2. С. 144-149.

© **Сидякин П.А., Маринин Н.А.,
Шульга С.В., Чичилов К.О., 2014**

Об авторах:

СИДЯКИН Павел Алексеевич

кандидат технических наук, профессор кафедры строительства Северо-Кавказский федеральный университет (филиал в г. Пятигорске) 357500, Россия, г. Пятигорск, просп. 40 лет Октября, 56, тел. (909) 7529045 E-mail: sidyakin_74@mail.ru

SIDYAKIN Pavel

PhD in Engineering Science, Professor of the Construction Chair North Caucasus Federal University (branch in Pyatigorsk) 357500, Russia, Pyatigorsk, ave. 40 October, 56, tel. (909) 7529045 E-mail: sidyakin_74@mail.ru

МАРИНИН Никита Андреевич

аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет 400074, Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, тел. (919) 9854300 E-mail: night.time@inbox.ru

MARININ Nikita

Postgraduate Student of the Life Safety in Technosphere Chair Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering 400074, Russia, Volgograd, Akademicheskaya str., 1, tel. (919) 9854300 E-mail: night.time@inbox.ru

ШУЛЬГА Сергей Владимирович

старший преподаватель кафедры инженерных дисциплин Северо-Кавказский филиал Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета МАДИ (г. Лермонтов) 357340, Россия, Ставропольский край, г. Лермонтов, ул. Промышленная, 20, тел. (928) 0088944 E-mail: shulga.77@bk.ru

SHUL'GA Sergey

Senior lecturer of the Engineering Disciplines Chair North Caucasian branch of Moscow State Automobile and Road Technical University MADI (Lermontov) 357340, Russia, Stavropol region, Lermontov, Promyshlennosti str., 20, tel. (928) 0088944 E-mail: shulga.77@bk.ru

ЧИЧИЛОВ Константин Олегович

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Пензенский государственный университет архитектуры и строительства 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28, тел. (902) 3529489 E-mail: olegovich.79@mail.ru

CHICHIROV Konstantin

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Penza State University of Architecture and Civil Engineering 440028, Russia, Penza, Titov str., 28, tel. (902) 3529489 E-mail: olegovich.79@mail.ru

Для цитирования: *Сидякин П.А., Маринин Н.А., Шульга С.В., Чичилов К.О.* Дорожно-строительные работы как источник пылевого загрязнения воздушной среды // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. №2 (15). С. 72-76.