

УДК 502.3:504.5

Д. А. Николенко, С. В. Шульга, Н. С. Барикаева

МОДЕЛЬ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПЫЛИ В ВЫБРОСАХ В АТМОСФЕРУ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В условиях постоянного износа сети автомобильных дорог, несвоевременного ремонта и ухудшения показателя ровности покрытия дорожные одежды начинают работать в условиях динамических перегрузок, что приводит к их ускоренному разрушению. Динамические перегрузки на неровных участках в среднем составляют 50...90 % при допустимых 30 %.

К л ю ч е в ы е с л о в а: пыль, строительство, дорожное полотно, выброс, разрушение.

Under the conditions of constant wear of a network of highways, and also untimely repair, at deterioration of an indicator of flatness of a covering, road clothes start working under the conditions of dynamic overloads that leads to their accelerated destruction. Dynamic overloads on rough sites make up in average 50...90 % at the admissible 30 %.

К e y w o r d s: dust, construction, highway, emission, destruction.

Для оценки доли пыли, выбрасываемой в атмосферный воздух при дорожно-строительных работах, был проведен отбор проб на всех стадиях процесса. Среди проводимых этапов прокладки дорожного полотна стоит отметить такие, как устройство земляного полотна, возведение основания дорог. Именно на данных этапах происходит огромный выброс в атмосферу частиц мелкодисперсной пыли [1, 2].

Пыль, образующаяся при транспортировке и погрузочно-разгрузочных работах, характеризуется широким диапазоном размера частиц — от 1...2 мм до долей микрона. В атмосферу обычно поступает пыль, размер частиц которой менее 10 мкм. Крупные частицы или сразу выпадают на почву, или оседают из воздуха через непродолжительное время. Вынос в атмосферу мельчайших минеральных частиц пыли в свободном состоянии в виде аэрозолей загрязняет воздушное пространство главным образом вблизи источника выделения пыли и на непродолжительное время, но наносит ущерб окружающей среде. Пыль, оседая на землю, выступает в основной своей роли — источника загрязнения почвы и водоемов, что предопределяет накопление вредных веществ до и выше предельных концентраций [3].

При проведении работ, связанных с погрузкой, разгрузкой, разравниванием, транспортировкой грунта, в атмосферный воздух выделяется пыль неорганическая с содержанием SiO₂ 20...70 % (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Величина выбросов пыли в атмосферу в период строительства

Наименование вещества	Код вещества	Класс опасности	Выброс в период реконструкции, т
Взвешенные вещества	2902	3	0,00197
Пыль неорганическая, содержащая SiO ₂ (20...70 %)	2908	3	3,07733
Пыль неорганическая, содержащая SiO ₂ (до 20 %)	2909	3	0,51693
ИТОГО:			3,59623

Щебень на территорию площадки завозят автотранспортом. При разгрузке, хранении и транспортировке щебня в атмосферный воздух выделяется пыль неорганическая, содержащая SiO_2 до 20 %.

Наиболее важным является определение дисперсного состава пыли и доли частиц с содержанием PM_{10} и $\text{PM}_{2,5}$ [4, 5]. Для решения поставленных задач была применена методика микроскопического анализа дисперсного состава [6]. На рис. 1, 2 представлены результаты обследования пылевой обстановки на дорогах.

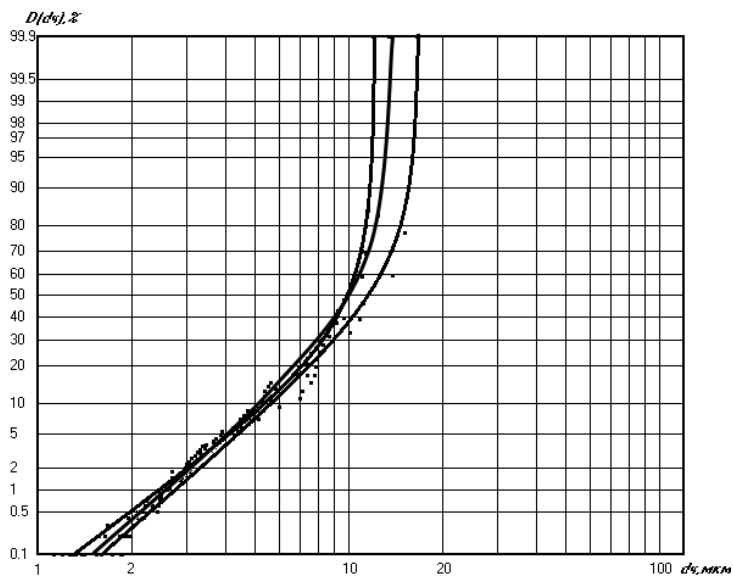


Рис. 1. Интегральные кривые распределения массы частиц по диаметрам для пыли, отобранной при устройстве земляного полотна (суглинок тяжелый пылеватый)

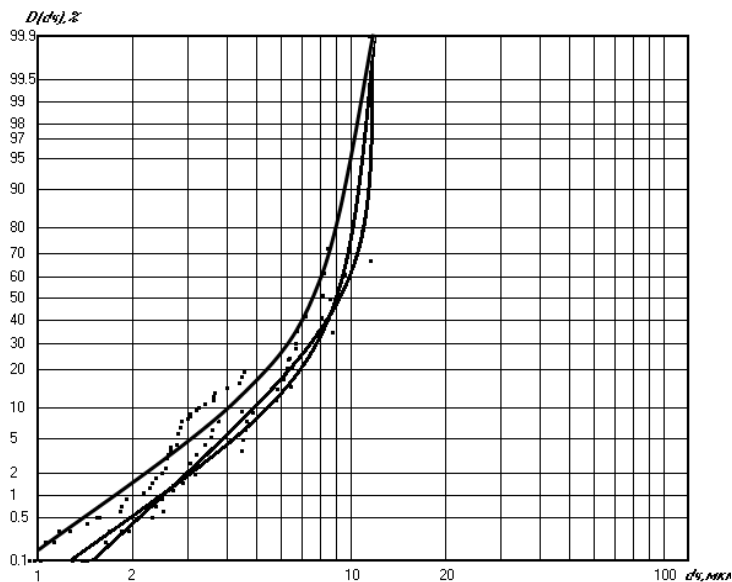


Рис. 2. Интегральные кривые распределения массы частиц по диаметрам для пыли — дорожная одежда — слой основания

Отдельно стоит выделить процессы пыления, связанные с образующимися в дорожном покрытии ямами.

Пылеобразование на дороге происходит в результате износа покрытия, внесения колесами автомобиля на проезжую часть грязи и пыли, а также износа автопокрышек [7]. На интенсивность пылеобразования влияют состояние покрытия и физико-механические свойства материалов, типы движущихся по дороге автомобилей и скорость движения автотранспорта, погодноклиматические условия в районе проложения трассы.

В период эксплуатации автодороги источниками выброса загрязняющих веществ являются двигатели автотранспорта при движении по автодороге. Выполнена оценка воздействия на окружающую среду с учетом перспективной интенсивности движения автомобильного транспорта на 12-летнюю перспективу, она составит 2000 авт./сут. (согласно категории автомобильной дороги). Распределение автомобилей различных марок в транспортном потоке определено в соответствии с методикой «Расчет выбросов загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях».

Выброс загрязняющих веществ рассчитывается при движении по перегону, остановках и движению на перекрестках. При работе двигателей автотранспорта в атмосферный воздух выбрасываются диоксид и оксид азота, оксид углерода, серы диоксид, сажа, бензин нефтяной, керосин.

Была проведена оценка динамического воздействия автомобильного транспорта на автомобильные дороги (рис. 3). Приводится анализ результатов проведенных экспериментальных исследований по регистрации спектра воздействия автомобиля на дорожное полотно [8] (табл. 2).

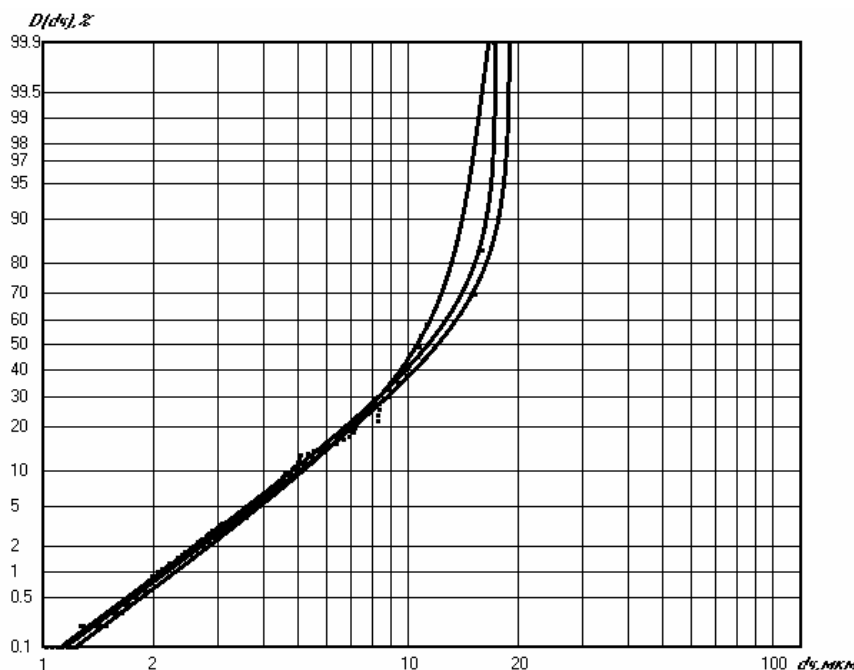


Рис. 3. Интегральные кривые распределения массы частиц по диаметрам для пыли, выбиваемой из-под колес автотранспорта в атмосферу при разрушении дорог

Таблица 2

Оценка отклика дорожной конструкции на воздействие грузового автомобиля

№	Состояние опытных участков	Автомобиль	Максимальные ускорения отклика дорожной конструкции, м/с ²	
			20 км/ч	80 км/ч
1	Удовлетворительная ровность покрытия	Грузовой (нагрузка на заднюю ось 10 т)	0,02...0,05	0,08...0,12
2			0,02...0,06	0,09...0,13
3	Неудовлетворительная ровность покрытия		0,02...0,05	0,15...0,2
4			0,02...0,05	0,16...0,2

Эффективным способом исследования динамического воздействия является проведение экспериментов на участках с различными показателями ровности. При определенном расположении неровностей дорожного покрытия и заданной скорости движения автомобиля могут возникнуть явления, близкие к резонансу (при условии, что частота воздействия дорожных неровностей на автомобиль совпадает с частотой собственных колебаний неподрессоренной части автомобиля), приводящие к разрушению полотна. Для изучения резонансных явлений был просчитан режим движения автомобиля по покрытию с определенным количеством неровностей заданного размера, при котором возникали явления резонанса. В ходе моделирования также менялось количество неровностей и их высота (рис. 4).

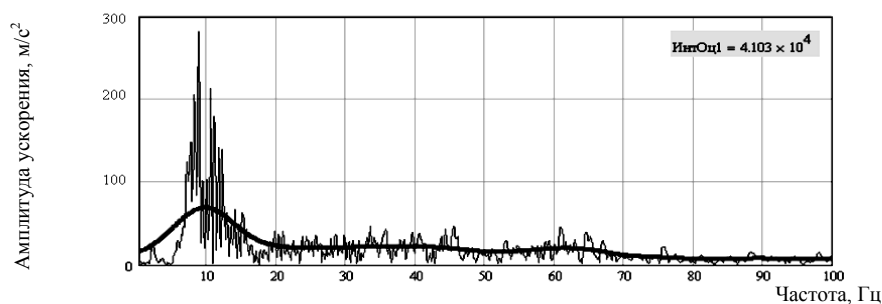


Рис. 4. Резонансный режим воздействия при проезде грузового автомобиля со скоростью движения 20 км/ч по покрытию с пятью искусственными неровностями длиной 0,5 м, высотой 0,05 м

В ходе компьютерного моделирования была просчитана скорость движения грузового автомобиля, при которой происходил отрыв колес данного транспортного средства от покрытия с заданными величинами неровностей. Рассчитанный режим движения был реализован на опытном участке (рис. 5).

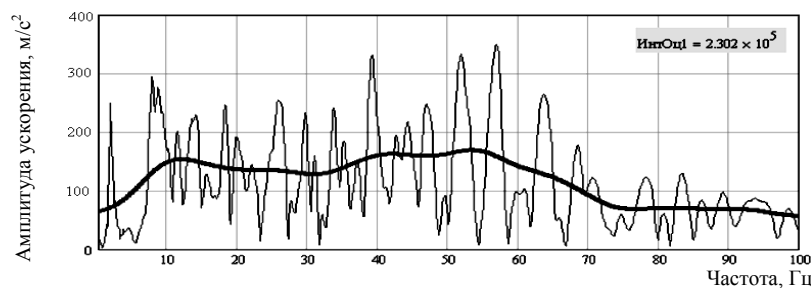


Рис. 5. Ударное воздействие грузового автомобиля при проезде со скоростью движения 80 км/ч по покрытию с пятью искусственными неровностями длиной 0,5 м, высотой 0,05 м

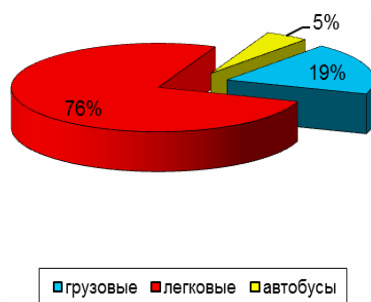


Рис. 6. Структура интенсивности движения в 2012 г.

Экспериментальные исследования подтвердили предположения о высокой информативности частотного распределения амплитуд давления (АЧХ) при оценке динамических перегрузок дорожных конструкций. Данная характеристика, наряду с амплитудно-временной, наиболее полно описывает воздействие движущегося автомобиля на дорожную конструкцию. Рассчитываемые на основе разработанной модели взаимодействия автомобиля и поверхности дорожного покрытия функции $P(w)$, $P(t)$ позволяют получить наиболее полную информацию о динамическом воздействии транспортных средств на дорожную конструкцию и моделировать реальное воздействие транспортных средств при различных режимах движения.

При малых скоростях движения (до 40...50 км/ч) наибольшее влияние на динамическое воздействие транспортных средств оказывают короткие неровности (0,5...3,0 м), на высокой скорости движения — длинные неровности (12,5...30,0 м). Увеличение амплитуд неровностей независимо от их длины приводит к увеличению динамического воздействия транспортных средств. С увеличением скорости движения транспортных средств расширяется диапазон неровностей, оказывающих влияние на дорожное полотно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дорожно-строительные работы как источник пылевого загрязнения воздушной среды / П. А. Сидякин, Н. А. Маринин, С. В. Шульга, К. О. Чичиров // Вестник Самарского государственного архитектурно-строительного университета. Градостроительство и архитектура. 2014. № 2(15). С. 72—76.
2. Защита атмосферного воздуха от запыленности при проведении демонтажа зданий и сооружений / П. А. Сидякин, И. З. Магомадов, Р. Р. Палатов, Г. И. Стате // Технологии гражданской безопасности. 2014. Т. 11. № 2(40). С. 88—91.
3. Dust and pollution transport on global scales: Aerosol measurements and model predictions / A. D. Clarke, W. G. Collins, P. J. Rasch, V. N. Kapustin, K. Moore, S. Howell, H. E. Fuelberg // Journal of geophysical research. Vol. 106. No. d23. P. 32,555—32,569, december 16, 2001.
4. О загрязнении мелкодисперсной пылью воздушной среды городских территорий / В. Н. Азаров, Н. А. Маринин, Н. С. Барикаева, Т. Н. Лопатина // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2013. № 1. С. 30—33.
5. Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли (PM_{10} и $PM_{2,5}$) в воздушной среде / В. Н. Азаров, И. В. Тertiшников, Е. А. Калюжина, Н. А. Маринин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 25(44). С. 402—407.
6. Азаров В. Н., Юркьян В. Ю., Сергина Н. М. Методика микроскопического анализа дисперсного состава пыли с применением персонального компьютера (ПК) / В. Н. Азаров, В. Ю. Юркьян, Н. М. Сергина, А. В. Ковалева // Законодательная и прикладная метрология. 2004. № 1. С. 46—48.

7. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсной пылью / А. Б. Стреляева, Н. С. Барикаева, Е. А. Калюжина, Д. А. Николенко // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2014. Вып. 3(34). Ст. 11. URL: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

8. Николенко Д. А. Метод оценки динамических перегрузок эксплуатируемых дорожных покрытий : автореф.... канд. техн. Наук. Волгоград, 2005.

1. Dorozhno-stroitel'nye raboty kak istochnik pylevogo zagryazneniya vozduшной sredy / P. A. Sidiyakin, N. A. Marinin, S. V. Shul'ga, K. O. Chichirov // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Gradostroitel'stvo i arkhitektura. 2014. № 2(15). S. 72—76.

2. Zashchita atmosfernogo vozdukhа ot zapylennosti pri provedenii demontazha zdaniy i sooruzheniy / P. A. Sidiyakin, I. Z. Magomadov, R. R. Palatov, G. I. State // Tekhnologii grazhdanskoi bezopasnosti. 2014. T. 11. № 2(40). S. 88—91.

3. Dust and pollution transport on global scales: Aerosol measurements and model predictions / A. D. Clarke, W. G. Collins, P. J. Rasch, V. N. Kapustin, K. Moore, S. Howell, H. E. Fuelberg // Journal of geophysical research. Vol. 106. No. d23. P. 32,555—32,569, december 16, 2001.

4. O zagryaznenii melkodispersnoi pyl'yu vozduшной sredy gorodskikh territorii / V. N. Azarov, N. A. Marinin, N. S. Barikaeva, T. N. Lopatina // Biosfernaya sovместimost': che-lovek, region, tekhnologii. 2013. № 1. S. 30—33.

5. Ob otsenke kontsentratsii melkodispersnoi pyli (RM_{10} i $RM_{2,5}$) v vozduшной srede / V. N. Azarov, I. V. Tertishnikov, E. A. Kalyuzhina, N. A. Marinin // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Ser.: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2011. Vyp. 25(44). S. 402—407.

6. Azarov V. N., Yurk"yan V. Yu., Sergina N. M. Metodika mikroskopicheskogo analiza dispersnogo sostava pyli s primeneniem personal'nogo komp'yutera (PK) / V. N. Azarov, V. Yu. Yurk"yan, N. M. Sergina, A. V. Kovaleva // Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya. 2004. № 1. S. 46—48.

7. Analiz istochnikov zagryazneniya atmosfernogo vozdukhа melkodispersnoi pyl'yu / A. B. Strelyaeva, N. S. Barikaeva, E. A. Kalyuzhina, D. A. Nikolenko // Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Politematicheskaya. 2014. Vyp. 3(34). St. 11. URL: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

8. Nikolenko D. A. Metod otsenki dinamicheskikh peregruzok ekspluatiruemykh dorozhnykh pokrytii : avtoref.... kand. tekhn. Nauk. Volgograd, 2005.

© Николенко Д. А., Шульга С. В., Барикаева Н. С., 2014

Поступила в редакцию
в ноябре 2014 г.

Ссылка для цитирования:

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. Вып. 12(36). Ст. 7. Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

For citation:

Nikolenko D. A., Shulga S. V., Barikaeva N. S. [Model of distribution of dust particles in emissions to the atmosphere at construction and operation of motor roads]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2014, no. 12(36), paper 7. (In Russ.). Available at: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>