

УДК 504.3:666.964.3:691.327

М. О. Карлушко, В. Н. Учайев, С. В. Шульга

О ВЫБРОСАХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ НА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ЗАВОДАХ

Приводится анализ работы асфальтобетонного завода как источника загрязнения атмосферного воздуха. Исследуется дисперсный состав пыли, выделяемой от различного технологического оборудования, входящего в состав завода. При этом особое внимание уделяется массовой концентрации мелких частиц размером не более 10 мкм (PM_{10}), не более 2,5 мкм ($PM_{2,5}$).

К л ю ч е в ы е с л о в а: асфальтобетонный завод, мелкодисперсная пыль, загрязняющие вещества, удельные пылевыведения, рабочая зона, источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, интегральные кривые

Article provides analysis of asphalt plant's work as a source of air pollution. Dispersion composition of the dust which isolates from various process equipment, which is the part of the asphalt plant was studied. Particular attention was paid to the mass concentration of fine particles less than 10 microns (PM_{10}), not more than 2.5 microns ($PM_{2,5}$).

К е у w o r d s: asphalt plant, fine dust, contaminants, specific dust emission, working area, sources of the atmospheric contaminant emissions, integral curves.

В настоящее время влияние отдельных звеньев, входящих в технологическую цепочку «АБЗ — транспорт — укладочное звено», на степень загрязнения атмосферного воздуха исследовано недостаточно.

Как правило, большинство ученых отмечают неудовлетворительное состояние воздушной среды на рабочих местах. В особую группу предприятий следует отнести те, у которых рабочие зоны находятся не только внутри производственных помещений, но и на территории предприятия, например асфальтобетонное производство. На окружающую среду в этом случае могут оказывать влияние не только пылевыведения от технологического оборудования и процессов, но и от организованных и неорганизованных источников, которые, в свою очередь, подразделяются на два вида: первичного (основного) воздействия на окружающую среду (погрузочно-разгрузочные работы, пересыпка с конвейеров, выбивание через неплотности в технологическом оборудовании и др.) и вторичного (повторного) воздействия (передвижение автотранспорта по территории предприятия, сдув пыли со складов хранения инертных материалов, пылевидных отходов и др.) [1, 2].

АБЗ обычно расположены на открытых площадках, т. к. подготовка асфальтобетона и его укладка на дороги производится исключительно в теплый период года при положительных температурах. На рис. 1 представлен план расположения оборудования производственных зданий с нанесением трех зон на территории предприятия: зона *A* — зона загрязнения территории организованными источниками; зона *B* — зона загрязнения территории не организованными источниками; зона *C* — рабочая зона предприятия. Размер зоны загрязнения от неорганизованных источников может колебаться в пределах от 30 до 80 %. При этом пересечение зон загрязнения с рабочей зоной достигает от 65 до 85 % для различных предприятий.

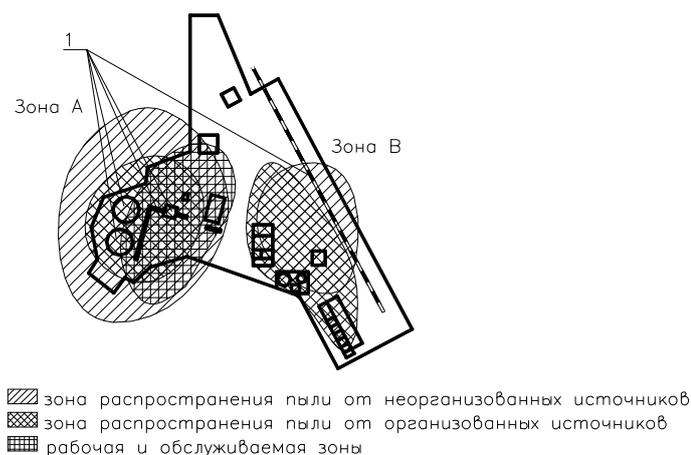


Рис. 1. План-схема асфальтобетонного завода: 1 — источники пылевыведения

Как следует из анализа плана (рис. 1), пересечение рабочих зон с зонами загрязнения от организованных источников составляет 30 %, а от неорганизованных — до 60 % при первичном воздействии, а при вторичном воздействии — до 50 %. Результаты анализа планов расположения оборудования на 12 предприятиях данного профиля Волгоградской области показывают, что, например, выбросы вредных веществ (в первую очередь пыли) являются не только экологической проблемой, но и важным фактором, определяющим санитарно-гигиенические условия труда на рабочих местах, расположенных на открытых площадках.

Все стадии приготовления асфальтобетона на АБЗ, как в установках циклического, так и в установках непрерывного действия, сопровождаются выделением вредных веществ в атмосферу.

Согласно распоряжению Министерства транспорта РФ от 14 апреля 2003 г. № ОС-339-р «О введении в действие Пособия дорожного мастера по охране окружающей среды» удельное количество вредных веществ, отходящих при производстве 1 т асфальтобетонной смеси, зависит от производительности АБЗ, а также от производительности вытяжного вентилятора пылегазоочистительной установки. Например, при производительности АБЗ 25 т/ч и производительности вытяжного вентилятора 16000 м³/ч удельное количество отходящих вредных веществ на 1 т асфальтобетонной смеси составляет: неорганическая пыль — 15,04 кг; углеводороды — 0,14 кг; сернистый газ — 0,01 кг; окись углерода — 0,0005 кг; фенол — 0,0004 кг; окислы азота — 0,000045 кг.

При работе любого асфальтобетонного завода в атмосферу выделяются следующие загрязняющие вещества: неорганическая пыль, с разным содержанием диоксида кремния; оксиды углерода и азота; ангидрид сернистый (серы диоксид); предельные углеводороды; полициклические углеводороды; мазутная зола (в пересчете на ванадий) при применении мазута в качестве топлива.

Объем пылевых выбросов в атмосферу от технологического оборудования различных видов варьируется в широких пределах в зависимости от режимов работы и производительности завода. В табл. 1 приведены фактические и рекомендуемые ведомственными нормами значения удельных пылевыведений от основных видов технологического оборудования.

Т а б л и ц а 1

*Удельные пылевыведения от основного технологического оборудования
асфальтобетонных заводов*

Наименование оборудова- ния	Обрабатываемый материал	Удельные пылевыведения, кг/т	
		рекомендуемые	фактические
Элеватор производи- тельность до 40 т/ч	Щебень, песок крупный, песок мелкий	2,7...3,0	0,19...0,22
		0,7...0,9	0,05...0,07
		1,6...1,8	0,11...0,13
Ленточные транспортеры и конвейеры производи- тельностью до 5 т/ч	Песок, известняк	1,5...1,7	0,50...0,57
		2,5...3,0	0,60...1,00
Дробилка	Известняк, щебень	8,2...10,8	2,1...2,8
		1,5...1,8	0,08...0,15

Объемы выбросов в атмосферу от технологических операций дробления, грохочения и транспортировки каменного минерального сырья изменяются в широких пределах для разных заводов. Для общих оценок средней скорости выброса могут быть использованы величины, приведенные в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

*Удельные пылевыведения в технологических процессах обработки
каменных материалов*

Технологические операции	Выбросы при отсутствии подавления, кг/т	
	Полный выброс	В аэрозольном состоянии
Первичное дробление	0,2...0,25	0,03...0,05
Вторичное дробление, грохочение	0,5...0,7	0,2...0,27
Третичное дробление, грохочение	2,0...3,0	1,4...1,8
Грохочение, транспортировка кон- вейером, погрузка	0,8...1,1	—
Хранение (7...15 дней)	0,13...0,16	

На рис. 2 представлена динамика изменения запыленности на асфальтобетонном заводе: запыленность воздуха изменяется в течение рабочей смены несколько раз, при изменении цикличности работы технологического оборудования и скорости ветра. Анализ данных, представленных на рис. 2, показывает, что во всех случаях запыленность воздушной среды достигает максимальных значений в конце рабочей смены.

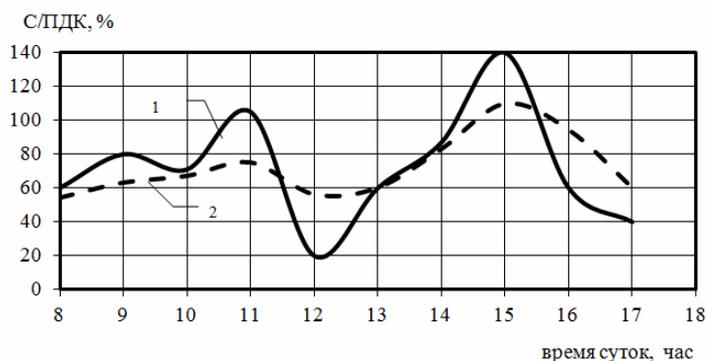


Рис. 2. Изменение концентрации пыли в воздухе на территории асфальтобетонного завода в зависимости от времени суток: 1 — средняя концентрация пыли в воздухе в % от ПДК в зоне А; 2 — средняя концентрация пыли в воздухе в % от ПДК в зоне В

Далее происходит резкое снижение запыленности, ввиду того, что вся работа технологического оборудования прекращается и остаются только источники вторичного загрязнения, наличие которых зависит от внешних воздушных потоков. Системы пылеулавливания (на асфальтобетонных заводах — это системы инерционных пылеуловителей) также оказывают влияние на концентрацию и дисперсный состав выбрасываемой пыли и через них — на пылевую обстановку в рабочих зонах, расположенных на территории предприятия. Изменение среднесуточной концентрации в воздухе рабочей зоны для заводов, работающих без выходных дней, представлено на рис. 3.

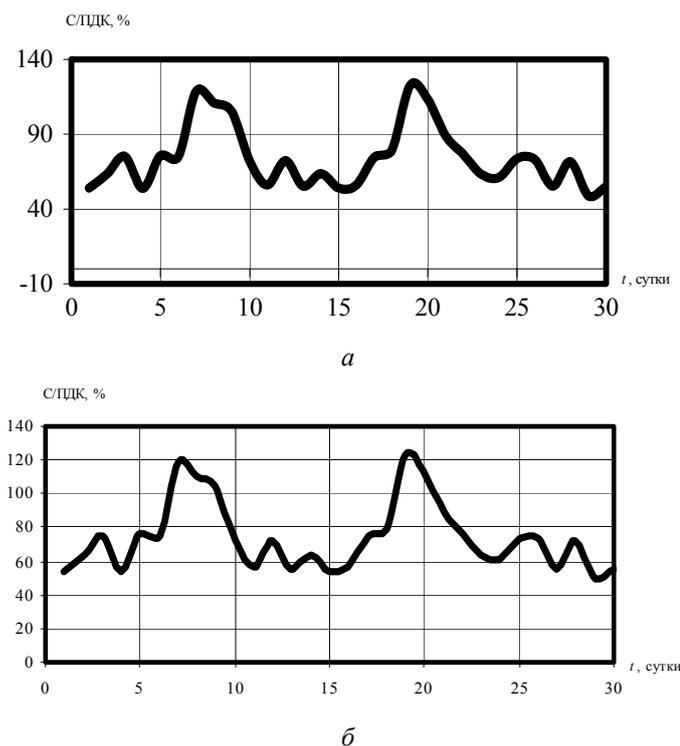


Рис. 3. Изменение среднесуточной концентрации в воздухе рабочей зоны на территории асфальтобетонных заводов в течение месяца (апрель): а — для зоны А; б — для зоны В

Если в зоне влияния организованных источников превышение значений ПДК по запыленности воздушной среды распределено достаточно равномерно в течение месяца и зависит от многих факторов (направление и скорость ветра, мощность выбросов загрязняющих веществ от организованных источников и пр.), то в зоне влияния выбросов от неорганизованных источников четко выделяются дни, в которые производился завоз песка и других материалов железнодорожным транспортом.

Учет выброса загрязняющих веществ от неорганизованных источников при оценке концентрации пыли в воздухе рабочих зон, расположенных на территориях АБЗ, достаточно сложен. Для примера приведем данные по 12 асфальтобетонным заводам (табл. 3), где реальный выброс от неорганизованных источников, определенный экспериментально в 1,2...6,0 раз превышал выброс, рассчитанный теоретически в проекте ПДВ для рассматриваемых предприятий.

Т а б л и ц а 3

*Мощность пылевых выбросов от неорганизованных источников
асфальтобетонного завода*

Цех, участок, отделение	Источники выделения загрязняющих веществ	Масса выброса M , г/с	$\frac{M}{ПДВ}$
Асфальтосмесительное отделение	Место пересыпки каменных материалов в загрузочную коробку	0,80...0,95	5,1...6,0
	Узел присоединения сушильного барабана к разгрузочной коробке	0,15...0,30	1,4...2,0
	Элеватор сушильного барабана	0,45...0,55	1,6...1,8
	Грохот	0,35...0,45	1,8...2,0
	Места пересыпки наполнителей в бункеры	0,8...1,0	5,0...6,0
Камнедробильное отделение	Место пересыпки камня в приемный бункер	0,1...0,23	2,8...4,1
	Дробилка	45...55	1,0...1,8
	Грохот	45...55	1,3...1,7
	Места пересыпки молотых материалов на конвейеры и в бункеры	0,1...0,31	0,8...1,5
Склады хранения материалов	Узел разгрузки инертных материалов из железнодорожных вагонов	13...15	1,5...1,7
	Узлы пересыпки сыпучих материалов	0,16...0,36	2,9...3,3
	Перемещение бульдозером сыпучих материалов	0,09...0,2	1,8...2,5

Пыль оказывает вредное воздействие на организм человека. В последние годы ведутся интенсивные исследования влияния PM_{10} и $PM_{2,5}$ на здоровье. Так, сравнение воздействия на организм человека частиц фракции PM_{10} и более мелких частиц $PM_{2,5}$ показало, что мелкие частицы биологически активные, чем крупные, поэтому существенно влияют на здоровье человека (провоцируя появление острых и хронических заболеваний). В целом исследования поддерживают гипотезу о том, что мелкая фракция частиц токсична, чем крупная фракция. Однако крупные частицы провоцируют развитие сердечно-сосудистых заболеваний [3].

До 21 июня 2010 г. в России нормировалось только общее содержание взвешенных веществ, как в атмосферном воздухе, так и в рабочей зоне предприятий. В июне 2010 г. было введено постановление № 26 от 16.04.2010 г. главного государственного санитарного врача Российской Федерации Г. Г. Онищенко «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.6.2604—10» — дополнение № 8 к ГН 2.1.6.1338—03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», нормирующие концентрации взвешенных веществ по фракциям PM_{10} и $PM_{2,5}$.

Для вышеуказанных веществ устанавливаются следующие предельно допустимые концентрации:

- максимальная разовая: PM_{10} — 0,04 мг/м³; $PM_{2,5}$ — 0,025 мг/м³;
- среднесуточная: PM_{10} — 0,06 мг/м³; $PM_{2,5}$ — 0,035 мг/м³;
- среднегодовая: PM_{10} — 0,3 мг/м³; $PM_{2,5}$ — 0,16 мг/м³.

Одной из важных задач при определении концентрации PM_{10} и $PM_{2,5}$ является определение дисперсного состава пыли в воздушной среде [4]. В настоящее время в теории и практике оценки пылевой обстановки в рабочей зоне предприятий с учетом условий функционирования инженерно-экологических систем принят детерминированный подход к измерению и описанию дисперсного состава пыли, который представляется в виде дифференциальных или интегральных кривых как содержание среднего числа частиц данного размера или их массы. Аналитическое описание дисперсного состава пыли возможно с помощью различных теоретических и экспериментальных зависимостей. Теоретические зависимости получены на основе некоторых физических представлений о закономерностях распределения размеров частиц пыли и сыпучих материалов. К ним условно можно отнести: логарифмически-нормальное распределение, формулы Г. И. Ромашова, Загустина, Гриффитса. К экспериментальным зависимостям, полученным на основе описания результатов анализа дисперсного состава пыли, можно отнести формулы А. Н. Колмогорова, Мартина-Андреасена, Годэна, Р. Розина, Е. Рамплера, И. Свенсона - Н. Я. Авдеева, К. С. Шифрина, Петролля, Е. И. Богуславского, В. Н. Азарова, В. А. Харченко и др. Например, эмпирическая формула Годэна (потенциальное распределение), полученная на основе обобщения многочисленных результатов дисперсного анализа различных материалов ситовым методом, оказалась справедливой для тонких классов некоторых дробилок. Андреев и Шуман доказали, что в области малых размеров для продуктов измельчения мономинеральных пород подчиняющихся закономерностям Годэна кривые функции плотности распределения массы по диаметрам выражаются уравнениями

$$D(d) = (80 / d_{80}^m) d^m, \quad (1)$$

где m , d_{80} — параметры.

Многие из ученых справедливо рассматривают исследуемую пыль, как статистическую совокупность частиц различных размеров. В. Н. Азаров предложил рассматривать функцию прохода массы частиц пыли $D(d_q)$ по диаметрам как функцию распределения $D_\zeta(d_q)$ некоторой случайной величины ξ , которая может быть определена из условия:

$$D_\zeta(d_q) \equiv D_n(d_q). \quad (2)$$

Поскольку для различных серий замеров дисперсного состава пыли в одной и той же точке рабочей зоны могут иметь место значительные расхождения значений функции прохода $D(d_q)$, например, в силу особенностей технологического процесса, то интегральная функция распределения массы частиц по диаметрам для каждого замера в отдельности не может описать дисперсный состав пыли в условиях реальных производств. Для этого необходимо рассматривать весь диапазон изменения дисперсного состава пыли, используя аппарат случайных функций [5, 6].

Так, для исследования основных физико-химических свойств пыли, образующихся при производстве асфальтобетонных смесей, были отобраны пробы дисперсного материала на 12 асфальтобетонных заводах Волгоградской области. Анализ дисперсного состава пыли проводился методом микроскопии с применением электронного микроскопа. Цифровая обработка мате-

риалов включала в себя: определение эквивалентных диаметров и подсчет числа частиц, распределение частиц по размерам в заданных размерных сетках, определение дисперсного состава пыли, математическая обработка результатов с построением дифференциальных и интегральных кривых распределения, и осуществлялась по программе Dust [4].

Графическое изображение результатов дисперсного анализа представлено в виде интегральных кривых распределения $D(d_q)$ массы по диаметрам частиц. С целью выявления аналитической зависимости, наиболее точно описывающей распределение, полученное при анализе дисперсного состава, экспериментальные точки нанесены на вероятностно-логарифмическую координатную сетку (рис. 2).

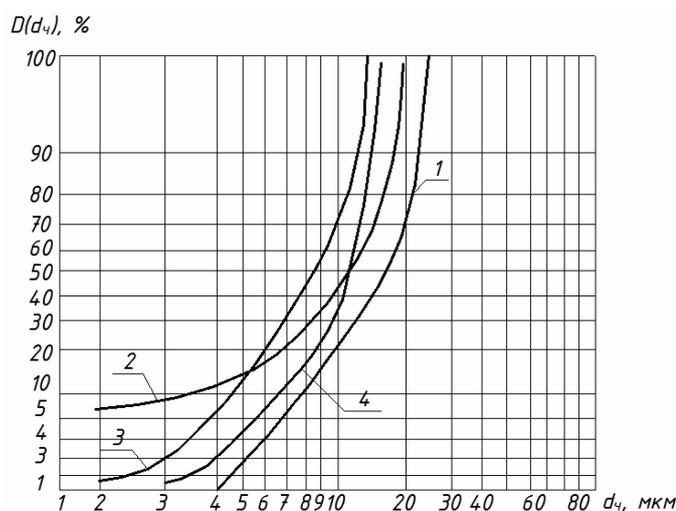


Рис. 2. Интегральные кривые распределения массы частиц по диаметрам $D(d_q)$ в вероятностно-логарифмической координатной сетке для пыли асфальтобетонного производства, отобранных: 1 — в системе аспирации после сушильного барабана; 2 — после пылеуловителя первой ступени в системе аспирации сушильного барабана; 3 — в зоне складов инертных материалов; 4 — в зоне обслуживания дробильного агрегата

Результаты дисперсного анализа исследуемой пыли показали, что распределение массы пыли по размерам частиц в первом приближении описываются функцией Годэна-Андреева-Шумана. Пыль, в основном, состоит из частиц мелких фракций с размерами до 20 мкм; причем основная доля массы приходится на частицы, имеющие размеры 0...10 мкм. Так как доля PM_{10} в выбросах в атмосферу и в рабочей зоне колеблется от 35 до 70 %, а доля $PM_{2,5}$ при этом не превышает 5 %, следовательно, выполнение норматива по общей пыли не гарантирует выполнение норматива на PM_{10} согласно гигиеническим нормативам ГН 2.1.6.2604—10.

На основании результатов выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Для разработки мер по снижению концентрации выбросов загрязняющих веществ от работы асфальтобетонного завода необходимо проводить оценку источников поступления загрязняющих веществ в воздушный бассейн, целью которого является сравнительный анализ качественного и коли-

чественного состава выбросов загрязняющих веществ при проведении работ по производству смеси в зависимости от типа и режима их выполнения.

2. Для контроля содержания мелкодисперсных частиц пыли необходимо проводить мониторинг, который позволит оперативно реагировать на изменение концентрации мелкодисперсных частиц в городской атмосфере и в воздушной среде рабочей зоны.

3. Проведенные исследования показали, что выполнение нормативов асфальтобетонными заводами по содержанию взвешенных частиц в рабочих зонах и в выбросах в атмосферу не гарантирует выполнение норматива PM_{10} , но, как правило, гарантирует выполнение норматива $PM_{2,5}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Азаров В. Н., Богуславский Е. И., Учаев В. Н.* Распространение пыли при производстве асфальтобетонных смесей // *Строительные материалы*. 2002. № 8. С. 18.

2. *Азаров В. Н.* Оценка пылевыведения из технологического оборудования // *Безопасность труда в промышленности*. 2003. № 7. С. 45—46.

3. Материалы государственной статистики и исследований Федерального бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» URL: <http://fcrisk.ru/> (дата обращения: 16.07.2012).

4. Методика микроскопического анализа дисперсионного 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.

5. *Азаров В. Н., Азаров Д. В., Гробов А. Б.* Дисперсный состав пыли как случайная функция // *Объединенный научный журнал*. 2003. № 6. С. 62—64.

6. *Азаров В. Н., Кузнецова Н. С., Тетерева Е. Ю.* О вероятностном подходе к определению расчетной эффективности инженерно-экологических систем строительных производств // *Экология урбанизированных территорий*. 2010. № 3. С. 101—103.

1. *Azarov V. N., Boguslavskiy E. I., Uchaev V. N.* Rasprostraneniye pyli pri proizvodstve asfal'tobetonykh smesey // *Stroitel'nye materialy*. 2002. № 8. S. 18.

2. *Azarov V. N.* Otsenka pylevydeleniya iz tekhnologicheskogo oborudovaniya // *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2003. № 7. S. 45—46.

3. Materialy gosudarstvennoy statistiki i issledovaniy Federal'nogo byudzhethno uchrezhdeniya nauki «Federal'nyy nauchnyy tsentr mediko-profilakticheskikh tekhnologiy upravleniya riskami zdorov'yu naseleniya» URL: <http://fcrisk.ru/> (data obrashcheniya: 16.07.2012).

4. Metodika mikroskopicheskogo analiza dispersionnogo 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.

5. *Azarov V. N., Azarov D. V., Grobov A. B.* Dispersnyy sostav pyli kak sluchaynaya funktsiya // *Ob"edinenny nauchnyy zhurnal*. 2003. № 6. S. 62—64.

6. *Azarov V. N., Kuznetsova N. S., Tetereva E. Yu.* O veroyatnostnom podkhode k opredeleniyu raschetnoy effektivnosti inzhenerno-ekologicheskikh sistem stroitel'nykh proizvodstv // *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy*. 2010. № 3. S. 101—103.

© Карпушко М. О., Учаев В. Н., Шульга С. В., 2012

Поступила в редакцию
в ноябре 2012 г.

Ссылка для цитирования:

Карпушко М. О., Учаев В. Н., Шульга С. В. О выбросах загрязняющих веществ в атмосферу на асфальтобетонных заводах // *Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Строит. информатика*. 2012. Вып. 8 (24). Режим доступа: www.vestnik.vgasu.ru.