

Расчетное обоснование уровня защищенности воздушной среды от негативного воздействия мелкодисперсной пыли предприятий по производству гипсовых строительных материалов

А.В. Азаров

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация: Негативное воздействие на окружающую среду предприятий промышленности строительных материалов определяется поступлением в окружающую среду взвешенных твердых частиц различного размера. Решение проблемы повышения уровня защищенности воздушной среды от негативных воздействий источников выбросов предприятий строительного производства во многом зависит от получения и обработки исходных данных о дисперсных характеристиках пыли, выделяющейся в атмосферный воздух от различных источников пылевыведения, что делает возможным разработку мероприятий по повышению уровня защищенности воздушной среды от мелкодисперсной пыли.

Ключевые слова: частицы, дисперсный, мелкодисперсная, гипс, выбросы, источник, пылевыведение, неорганизованный, эффективность, концентрация, воздух.

В настоящее время повышаются требования к экологической безопасности, в том числе, к сокращению негативного техногенного воздействия на атмосферный воздух предприятиями стройиндустрии и промышленности. [1]

Количество выделяемой в атмосферный воздух пыли гипсового производства в первую очередь зависит от мощности предприятий. Мощность предприятий по производству гипсового вяжущего и переработке гипсового сырья определяется количеством: добываемого гипсового камня; гипсового камня перерабатываемого в течение суток; дробленного гипсового камня отгружаемого на открытые склады; сырого измельченного гипса отгружаемого сторонним потребителям; переработанного сырого измельченного гипса. Значения основных показателей мощности гипсового производства представлены в таблице №1.

В технологии производства гипсового вяжущего (гипса) применяют следующие операции: дробления камня (дробилка), измельчения (помола) и

сушки гипсовой щебенки в мельницах (совмещение процессов), тепловая обработка в гипсоварочном котле (печи) гипсовой муки. Характеристика выбросов напрямую связана с производимыми операциями, свойствами используемого сырья, методом производства и типом применяемого оборудования для поддержания уровня защищенности воздушной среды. [2]

На сегодняшний день объемы выбросов предприятий по добыче и переработки гипсового камня составляют 200-1000 тонн в год. Гипсовая пыль в общем объеме выбросов предприятий по производству гипсового вяжущего составляет 60-80%.

Таблица №1

Значения основных показателей мощности гипсового производства

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Добыча гипсового камня	т/год	1000000 - 3000000
Перерабатываемый гипсовый камень	т/сутки	2000 - 10000
	т/год	500000 - 2500000
Дробленый гипсовый камень отгружаемый на открытые склады	т/год	500000 - 2500000
Отгружаемый сырой измельченный гипсовый камень	т/год	500000-1500000
Перерабатываемый сырой измельченный гипс	т/год	200000-1000000

Для оценки степени дисперсности выбросов могут быть использованы различные характеристики, например, наименьший и наибольший размер частиц, разность между наибольшим и наименьшим размерами, средний размер частиц, удельная поверхность и др. Однако наиболее полно дисперсность характеризуется дисперсным (гранулометрическим, зерновым) составом. [3]

По результатам исследований В.Н. Азарова, А.Б. Грובה, В.И. Боглаева, Н.А. Маринина и ряда других исследователей показано, что

наиболее крупные фракции пыли в производстве гипсового вяжущего выделяются от гипсоварочного котла и мельницы гипса (размеры частиц могут достигать 170 мкм и более), высокое содержание пыли фракции 0-10 мкм (мелкодисперсной пыли) зафиксировано в атмосферном воздухе открытого склада хранения (от 4% до 90%). [4-7]

Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 19.04.2010 № 26 введено в действие Дополнение № 8 к ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест», согласно которого определены ПДК взвешенных частиц размером PM_{10} (0-10 мкм) - 60 мкг/м³ и $PM_{2,5}$ (0-2,5 мкм) 35 мкг/м³. Однако, по данным зарубежных исследователей концентрация пыли $PM_{2,5}$ 5 мкг/м³ приводит к увеличению рисков возникновения сердечных приступов на 13%. [8]

Одним из методов минимизации негативного воздействия на атмосферу является установление санитарно-защитных зон предприятий, организованных в соответствии с требованием законодательства.

На основании анализа проектной документации ряда предприятий (ООО «КНАУФ ГИПС КУБАНЬ»; ООО «КНАУФ ГИПС КОЛПИНО»; ООО «ВОЛМА - Майкоп» и др.) были определены средние значения количества выбросов загрязняющих веществ для основных этапов технологического процесса производства гипсового вяжущего без вспомогательных производств: цех №1 - производство гипсового камня, цех №2 - производство гипсового вяжущего. В состав типового производства входят 34 источника выброса в атмосферный воздух из них 19 организованных и 15 неорганизованных, 11 источников выбросов оборудованы системами пылеулавливания. В полученном варианте расчета максимально разовое значение выброса на источниках в атмосферный воздух составляет 14,5993 г/с, валовое значение выбросов составляет 209,3549 т/год. По результатам

проведенных расчетов вклад неорганизованного источника выброса (открытого склада хранения гипсового камня) в общую концентрацию пыли гипса (до 3 мг/м^3) в контрольных точках на границе санитарно-защитной зоны предприятия может достигать 75 % .

Дисперсные характеристики пыли в выбросах определены с помощью программы для ЭВМ «Dust-1» [9, 10] и устройств для определения дисперсного состава пыли [11, 12] по методике микроскопического анализа дисперсного состава пыли с применением персонального компьютера. Методика микроскопического дисперсионного анализа с применением ПК предназначена для измерений величины пылевидных частиц путем фотографирования через микрофотоприставку образцов, увеличенных под микроскопом в 100-150 раз, и дальнейшего расчета дисперсионного состава пыли, выделяющейся в атмосферный воздух, диапазон измеряемых пылевидных частиц от 0,5 до 100 мкм. [13]

По результатам исследований установлено: диапазон изменения крупности для пыли, выбрасываемой от неорганизованного источника выброса - открытый склад хранения дробленного гипсового камня (статическое хранение, пересыпка) составляет от 0 мкм до 85 мкм; диапазон значений медианного диаметра d_{50} составляет от 12 мкм до 58 мкм; диапазон значений массовой доли пыли менее 2,5 мкм составляет от 0,02 % до 4 %, менее 10 мкм составляет от 0,6 % до 42 %.

Разброс значений функции прохода следует отнести не к разряду ошибок, а к особенностям случайного процесса, который в силу влияния различных факторов и изменяющихся в определенных пределах параметров воздушной среды определяет фракционный состав пыли. Рассмотрим функции, описывающие дисперсный состав пыли в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной зоны не как детерминированные, а как случайные [14], и установим зависимость фракционной концентрации пыли

от мощности пылевыведения (пересыпки) на открытом складе хранения гипсового камня.

Коэффициент корреляции между значениями функций прохода массы частиц пыли $D(d_q)$ для $d_q=2,5$ мкм и мощностью пылевыведения составляет 0,47, корреляционная зависимость представлена на рис. 1.

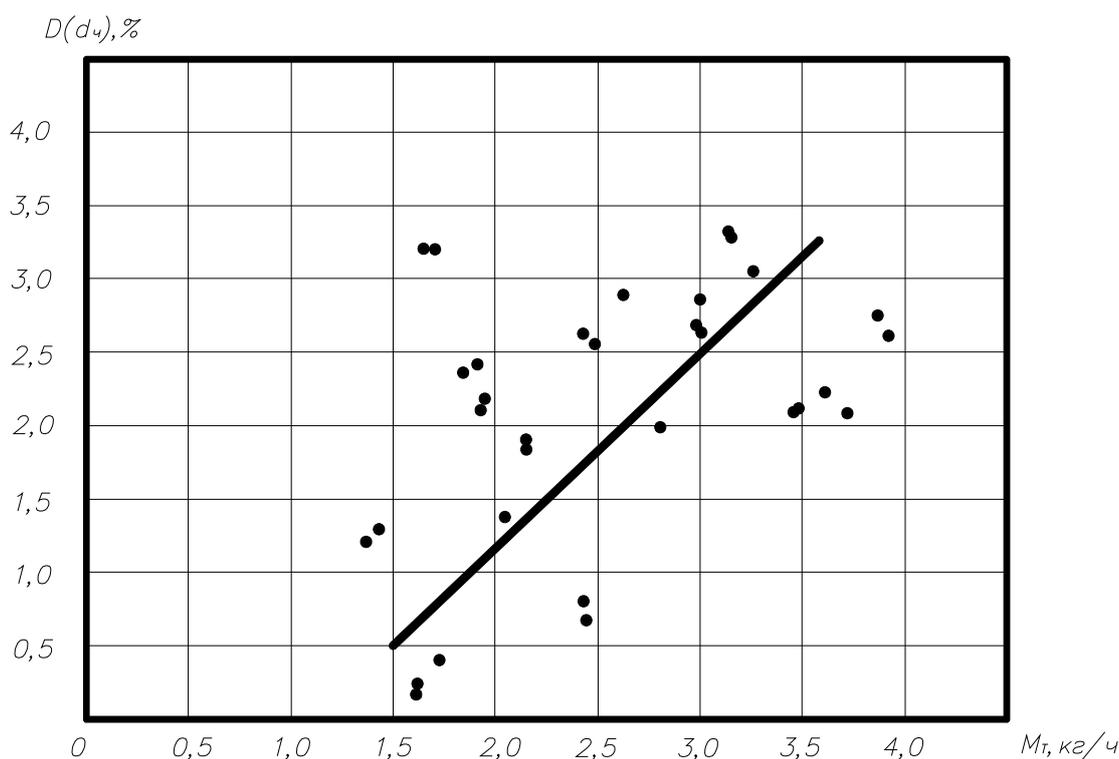


Рис. 1. - Корреляционная зависимость между значениями функций прохода массы частиц пыли $D(d_q)$ (%) для $d_q=2,5$ мкм и мощностью пылевыведения M_m (кг/ч) от открытого склада хранения дробленого гипсового камня

Согласно схеме оценки корреляционной связи по коэффициенту корреляции связь между значениями функций прохода массы частиц пыли $D(d_q)$ для $d_q=2,5$ мкм и мощностью пылевыведения оценивается как средняя (коэффициент корреляции от 0,699 до 0,3).

Коэффициент корреляции между значениями функций прохода массы частиц пыли $D(d_q)$ для $d_q=10$ мкм и мощностью пылевыделения составляет -0,19, корреляционная зависимость представлена на рис. 2.

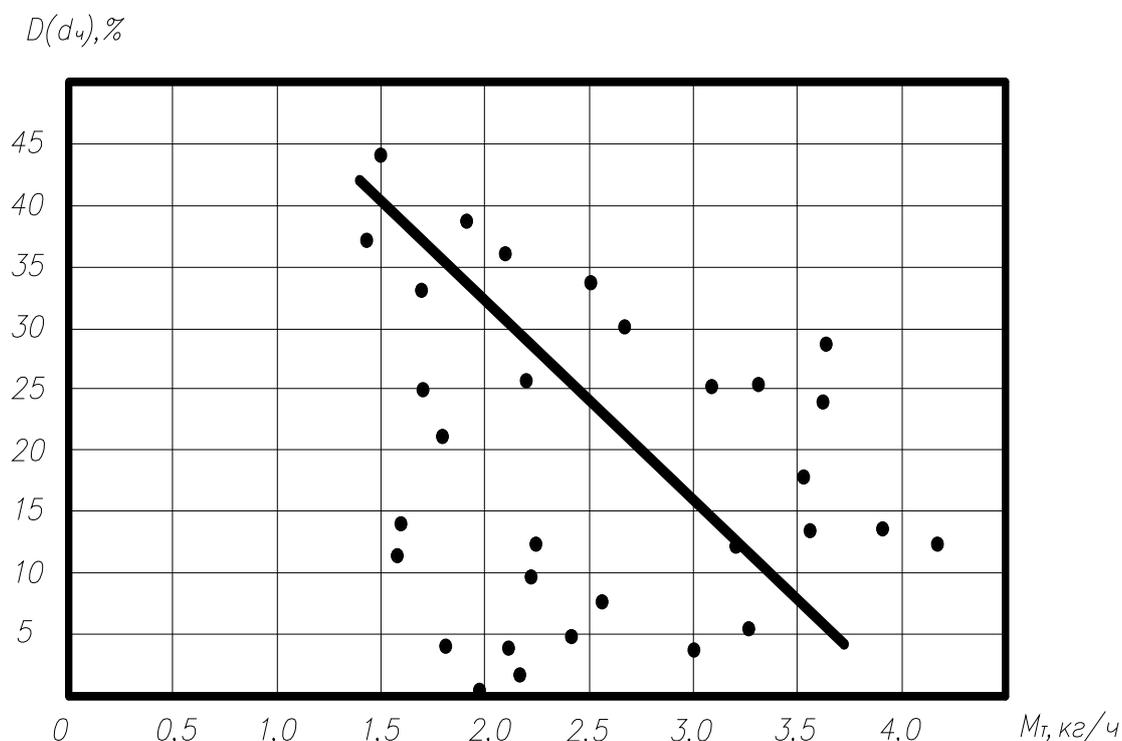


Рис. 2. - Корреляционная зависимость между значениями функций прохода массы частиц пыли $D(d_q)$ (%) для $d_q=10$ мкм и мощностью пылевыделения M_T (кг/ч) от открытого склада хранения дробленого гипсового камня

Согласно схеме оценки корреляционной связи по коэффициенту корреляции связь между значениями функций прохода массы частиц пыли $D(d_q)$ для $d_q=10$ мкм и мощностью пылевыделения оценивается как слабая (коэффициент корреляции от -0,299 до 0).

По результатам проведенного анализа корреляционных зависимостей между значениями функций прохода массы частиц пыли $D(d_q)$ (%) для $d_q=2,5$ мкм и $d_q=10$ мкм и мощностью пылевыделения M_m (кг/ч) от неорганизованного источника выброса - открытый склад хранения

дробленного гипсового камня установлено, что связь между значениями двух выборок оценивается как средняя (для $d_q=2,5$ мкм) и слабая (для $d_q=10$ мкм), при сравнении расчетных значений критерия t_p с табличными значениями t_m (критерий Стьюдента) выявлено наличие существенных различий между значениями данных двух выборок. Из вышеизложенного следует, что при проведении практических расчетов случайные величины C_0 и $D(d_q)$ (на расстоянии от неорганизованного источника пылевыделения) можно считать независимыми.

Рассчитаем риск (вероятность) превышения фракционной концентрацией гигиенических нормативов для мелкодисперсной пыли, установленных в РФ. Используя формулу полной вероятности на основании дифференциальной функции распределения общей концентрации C_0 в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной зоны (p_c) и дифференциальные функции распределения случайной величины ($f_{D(x)}$, где $D(x)$ - функция прохода массы частиц по диаметрам пыли, вероятность превышения фракционной концентрацией гигиенических нормативов может быть рассчитана по формуле (1).

$$P(PM_d > C_{норм}) = \int_0^{\infty} p_c(C) \left(\int_{C_{норм}/C}^{\infty} f_D(d_{норм}) dD \right) dC. \quad (1)$$

Принимаем нормативы концентрации для взвешенных веществ (ПДК_{с.с.} для пыли гипса) в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной зоны для $C(PM_{2,5})=35$ мкг/м³, для $C(PM_{10})=60$ мкг/м³, тогда по формуле (1) по результатам экспериментальных исследований получим риск (вероятность) превышения фракционной концентрацией гигиенического норматива: $P(PM_{2,5} > 35 \text{ мкг} / \text{м}^3) = 0,27$, $P(PM_{10} > 60 \text{ мкг} / \text{м}^3) = 0,67$.

По результатам проведенной оценки можно сделать вывод, что на границе санитарно защитной зоны вблизи гипсового производства с

неорганизованным источником пылевыведения (открытым складом хранения гипсового сырья) риск превышения гигиенического норматива для мелкодисперсной пыли (PM_{10}) обусловлен высоким содержанием пыли данного размера в гипсовом сырье, распространение которой за границы санитарно-защитной зоны связано со статическим хранением.

По результатам исследований содержания пыли в массе породы гипсового сырья установлено, что на открытый склад хранения гипсового камня поступает 6,84 т/час. По результатам дисперсного анализа пыли в исследуемом объеме пылевой фракции (0-200 мкм), содержится 50% от массы частиц пыли, обнаруженной в атмосферном воздухе открытого склада хранения (0 мкм - 85 мкм), таким образом, на открытый склад хранения гипсового камня поступает 3,42 т/час пыли способной распространяться за границы склада хранения. На данном этапе установлено, что содержание данной фракции за границами склада довольно высокое (9,27 ПДК), что приводит к ухудшению санитарно-гигиенических условий на территории предприятия, жилых территорий, а также приводит к потерям гипсового сырья.

Определение размеров частиц пыли, функциональной зависимости распределения диаметров (размеров) частиц находит все большее применение в различных теоретических исследованиях и практических разработках. [15] Для разработки рекомендаций по проектированию инженерных средств защиты окружающей среды, направленных на повышение уровня защищенности воздушной среды от выбросов мелкодисперсной пыли необходимо получить функции прохода D ($d_q=85$ мкм) и D ($d_q = 200$ мкм), а вместе с тем и дисперсные характеристики пылевой фракции 0-85 мкм, способной распространяться за границы открытого склада хранения гипсового камня. [16,17,3] Для решения поставленной задачи возможно использовать метод «рассечения»,

предложенный Азаровым В.Н [18,19]. Идея метода в том, что дисперсный состав именно мелких фракций постоянен, отделение мелких фракций от генеральной совокупности частиц пыли позволяет определить их функцию прохода независимо от случайного появления в пробе пыли крупных фракций. Однако при изучении содержания пылевых фракций в массе породы строительных материалов необходимо разделение генеральной совокупности на три промежутка, т.е построение трех функций прохода: $D_{атм}(d_{атм})$ - функция прохода для пылевой фракции способной распространяться за границы площадки источника выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух; $D_{ис}(d_{ис})$ - функция прохода для пылевой фракции целесообразной для удаления системами инженерной защиты окружающей среды; $D_{ост}(d_{ост})$ - функция прохода остаточной пылевой фракции. Таким образом вышеуказанные функции прохода будут определяться по формулам (2), (3) и (4).

$$D_{атм}(d_{атм}) = \begin{cases} \frac{100 \cdot D(d_q)}{D(d_{атм})}, & \text{если } d_q \leq d_{атм} \\ 0, & \text{если } d_q > d_{атм} \end{cases} \quad (2)$$

$$D_{ис}(d_{ис}) = \begin{cases} 0, & \text{если } d_{ис} < d_q \leq d_{атм}, \\ \frac{100 \cdot (D(d_q) - D(d_{атм}))}{D(d_{ис}) - D(d_{атм})}, & \text{если } d_{ис} \geq d_q > d_{атм}. \end{cases} \quad (3)$$

$$D_{ост}(d_{ост}) = \begin{cases} 0, & \text{если } d_q \leq d_{ис}, \\ \frac{100 \cdot (D(d_q) - D(d_{атм}))}{100 - D(d_{атм})}, & \text{если } d_q > d_{ис}. \end{cases} \quad (4)$$

Построенные интегральные кривые распределения (функции прохода) массы частиц гипсовой пыли отдельно для фракций до 85 мкм, от 85 мкм до 200 мкм по формулам (3) и (4) соответственно представлены на рис. 3.

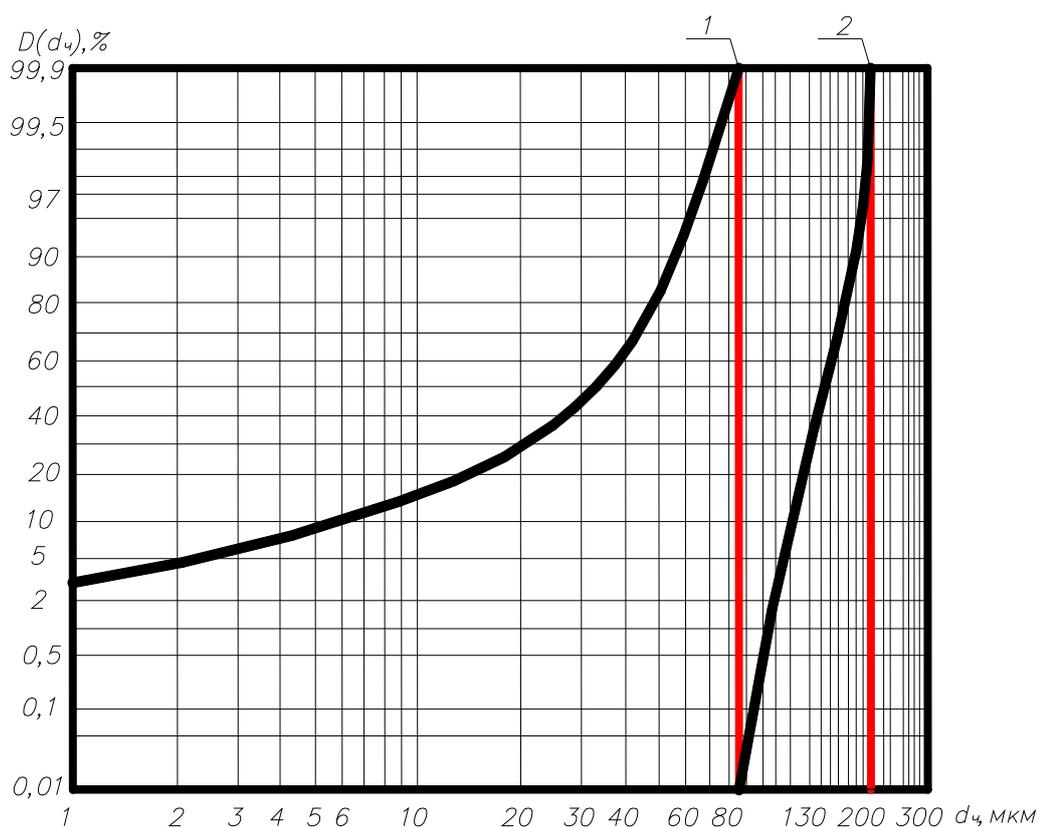


Рис. 3.- Графики значений интегральных функций распределения в вероятностно-логарифмической сетке для проб пыли, содержащейся в массе породы гипсового сырья, полученные с использованием метода «рассечения» по формулам (3) и (4): 1 - фракция частиц 0-85 мкм; 2 - фракция частиц 85-200 мкм.

Из рис. 3 видно, что содержание наиболее опасной для здоровья человека пыли, размером не более 10 мкм в массе пылевой фракции (0-85 мкм) способной распространяться за границы открытого склада хранения гипсового камня составляет более 15%, значит пылевая фракция 0-10 мкм поступает на открытый склад хранения сырья в количестве более 500 кг/час.

Таким образом, на основе проведенных аналитических, экспериментальных и опытно-промышленных исследований получена комплексная характеристика пылевых выбросов в атмосферу в производстве гипсовых вяжущих (концентрация в атмосферном воздухе пыли гипса и законы распределения, дисперсный состав пыли и его описание, выполнение

на границе СЗЗ нормативов для PM_{10} и $PM_{2,5}$) как основа для разработки методов проектирования повышения уровня защищенности воздушной среды от воздействия мелкодисперсной пыли.

Литература

1. Азаров В. Н., Кошкарев С. А., Николенко М. А. Снижение выбросов систем обеспыливания с использованием дисперсионного анализа пыли в стройиндустрии // Инженерный вестник Дона, 2015, №1, ч.2 URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_95_azarov.pdf_2cedb04647.pdf.
2. Menczel J. Air Pollution Sources // Encyclopedia of Environmental Science and Engineering: A-L . 2006. V. 1. p. 72.
3. Коузов П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / 3-е изд. , перераб. – Ленинград : Химия, 1987. 264 с. : ил. С. 18-22.
4. Азаров В. Н. Снижение пылевых выбросов гипсового производства // Экология урбанизированных территорий. 2007. №4. С. 53–57.
5. Азаров В. Н., Боглаев В.И., Маринин Н.А. Об описании дисперсного состава пыли в системах аспирации при изготовлении гипса // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: сб. тр. IX Междунар. науч. конф. Волгоград : ВолгГАСУ. 2011. С. 86–90.
6. Азаров В.Н. [и др.]. О дисперсном составе пыли в воздушной среде в производстве строительных материалов // Вестник ВолгГАСУ. Сер. Строительство и архитектура. Волгоград. 2013. № 32 (47). С. 256-260.
7. Маринин, Н. А. Исследование дисперсного состава пыли в инженерно-экологических системах и выбросах в атмосферу предприятий стройиндустрии: автореф. дис. канд. техн. наук / Маринин Н. А. - Волгоград, 2014. - 20 с.С. 15-20.
8. Cesaroni G, Forastiere F, Stafoggia M; et al. Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and



meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. // BMJ (Clinical research ed.). 2014. V. 348. URL: [dx.doi.org/10.1136/bmj.f7412](https://doi.org/10.1136/bmj.f7412).

9. Тетерева Е. Ю., Кузнецова Н.С., Азаров А.В. Совершенствование способа определения эквивалентного диаметра частиц через их объем при анализе дисперсного состава пыли строительных производств микроскопическим методом с помощью применения приставки к микроскопу // Проблемы охраны производственной и окружающей среды : сб. материалов и науч. тр. инженеров-экологов. Волгоград : ВолгГАСУ. 2011. Вып. 3. С. 76-78. - Библиогр.: с. 77 (1 назв.).

10. Азаров В. Н. [и др.] Dust-1: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ /. - № 2014618468 ; заявл. 26. 06. 14 ; опубл. 20. 09. 14.

11. Азаров В. Н. [и др.] Прибор для определения дисперсного состава аэрозоля: пат. 24422970 Рос. Федерация. - № 2010103652/28; зарег. 03.02.2010.

12. Кошкарёв С. А. [и др.] Устройство для определения дисперсного состава пыли : пат. 156520 Рос. Федерация ; патентообладатель ФГБОУ ВПО "Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-т. 2015. - № 2015124975/28; заявл. 24.06.2015; опубл. 10.11.2015.

13. Методика выполнения измерений дисперсного состава пыли с применением ПК в атмосферном воздухе и в воздухе рабочей зоны : утв. Госстандарт РФ 08. 08. 2003. - Волгоград, 2003.С.1-3.

14. Азаров В. Н. [и др.]. Дисперсный состав пыли как случайная функция // Объединенный научный журнал. 2003. № 6. С. 60–64.

15. Азаров В. Н. К определению фактических размеров частиц пыли выбросов стройиндустрии и строительства //Инженерный вестник Дона, 2015, №1, ч.2 URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_116_azarov.pdf_9fdb78721d.pdf.

16. Азаров В. Н., Есина Е.Ю. О дисперсном составе пыли в системах обеспыливающей вентиляции строительных производств // Вестник ВолгГАСУ. Сер. Строительство и архитектура. Волгоград. 2008. Вып. 11. С. 119.

17. Азаров В. Н. О концентрации и дисперсном составе пыли в воздухе рабочих и обслуживаемых зон предприятий стройиндустрии // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: сб. тр. II Междунар. науч. конф. Волгоград : ВолгГАСУ. 2003. С. 23–71.

18. Азаров В. Н., Тетерева Е. Ю., Маринин Н. А. Метод «рассечения» как способ оценки дисперсного состава пыли в инженерно-экологических системах строительных производств // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: сб. тр. VII Междунар. науч.-техн. конф. Волгоград : ВолгГАСУ. 2010. С. 214 – 217.

19. Азаров В. Н., Есина Е.Ю. Применение метода «рассечение» при анализе дисперсного состава пыли в воздухе рабочей зоны предприятий стройиндустрии и машиностроения // Машиностроение и техносфера XXI века: сб. тр. XVI Междунар. науч.-техн. конф., 14-19 сент. 2009 г. в г. Севастополе. Донецк : ДонНТУ, 2009. Т. 1. С. 30-33. Библиогр.: с. 32-33 (7 назв.).

References

1. Azarov V. N., Koshkarev S. A., Nikolenko M. A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №1, ch.2 URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_95_azarov.pdf_2cedb04647.pdf.

2. Menczel J. Encyclopedia of Environmental Science and Engineering: A-L. 2006. V. 1. p. 72.

3. Kouzov P. A. Osnovy analiza dispersnogo sostava promyshlennyh pylej i izmel'chennyh materialov [Basics of disperse composition of industrial dust



and particulate materials]. P. A. Kouzov. 3-e izd. , pererab. Leningrad : Himija, 1987. pp. 18-22.

4. Azarov V. N. Jekologija urbanizirovannyh territorij. 2007. №4. pp. 53–57.

5. Azarov V. N., Boglaev V.I., Marinin N.A. Kachestvo vnutrennego vozduha i okruzhajushhej sredy: sb. tr. IX Mezhdunar. nauch. konf. Volgograd: VolgGASU. 2011. pp. 86–90.

6. Azarov V.N. et al. Vestnik VolgGASU. Ser. Stroitel'stvo i arhitektura. Volgograd. 2013. № 32 (47). pp. 256-260.

7. Marinin, N. A. Issledovanie dispersnogo sostava pyli v inzhenerno-jekologicheskikh sistemah i vybrosah v atmosferu predpriyatij strojindustrii [Disperse composition of dust research in the engineering and environmental systems, and emissions into the atmosphere building industry enterprises]: avtoref. dis. kand. tehn. nauk. Marinin N. A. Volgograd, 2014. 20 p. pp. 15-20.

8. Cesaroni G, Forastiere F, Stafoggia M; et al. BMJ (Clinical research ed.). 2014. V. 348. URL: dx.doi.org/10.1136/bmj.f7412.

9. Tetereva E. Ju., Kuznecova N.S., Azarov A.V. Problemy ohrany proizvodstvennoj i okruzhajushhej sredy: sb. materialov i nauch. tr. inzhenerov-jekologov. Volgograd: VolgGASU. 2011. Vyp. 3. S. 76-78. Bibliogr.: p. 77 (1 nazv.).

10. Azarov V. N. [i dr.]. Dust-1 [Dust-1]: svidetel'stvo o gos. registracii programmy dlja JeVM.. № 2014618468 ; zajavl. 26. 06. 14 ; opubl. 20. 09. 14.

11. Azarov V. N. [i dr.]. Pribor dlja opredelenija dispersnogo sostava ajerozolja [The device for determining the composition of particulate aerosol]: pat. 24422970 Ros. Federacija. № 2010103652/28. zareg. 03.02.2010.

12. Koshkarev S. A. [i dr.]Ustrojstvo dlja opredelenija dispersnogo sostava pyli [The device for determining the composition of the particulate dust]: pat. 156520 Ros. Federacija.; patentoobladatel' FGBOU VPO "Volgogr. gos.

arhitektur.-stroit. un-t. 2015. - № 2015124975/28 ; zajavl. 24.06.2015 ; opubl. 10.11.2015.

13. Metodika vypolnenija izmerenij dispersnogo sostava pyli s primeneniem PK v atmosfernom vozduhe i v vozduhe rabochej zony [Methods of measurement of particulate dust composition using a PC in the air and in the working area]: utv. Gosstandart RF 08. 08. 2003. Volgograd, 2003.pp.1-3.

14. Azarov V. N. et al. Ob 'edinennyj nauchnyj zhurnal. 2003. № 6. pp. 60–64.

15. Azarov V. N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №1, ch.2 URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_116_azarov.pdf_9fdb78721d.pdf.

16. Azarov V. N., Esina E.Ju. Vestnik VolgGASU. Ser. Stroitel'stvo i arhitektura. Volgograd. 2008. Vyp. 11. p. 119.

17. Azarov V. N. Kachestvo vnutrennego vozduha i okruzhajushhej sredy: sb. tr. II Mezhdunar. nauch. konf. Volgograd: VolgGASU. 2003. pp. 23–71.

18. Azarov V. N., Tetereva E. Ju., Marinin N. A. Kachestvo vnutrennego vozduha i okruzhajushhej sredy: sb. tr. VII Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. Volgograd : VolgGASU. 2010. pp. 214 – 217.

19. Azarov V. N., Esina E.Ju. Mashinostroenie i tehnosfera XXI veka: sb. tr. XVI Mezhdunar. nauch.-tehn. konf., 14-19 sent. 2009 g. v g. Sevastopole. Doneck : DonNTU, 2009. T. 1. S. 30-33. Bibliogr.: pp. 32-33 (7 nazv.).