

К оценке результатов комплексного дисперсионного анализа с использованием гидродинамических критериев в функции выхода для снижения проскока пыли в системах обеспыливания выбросов аспирации стройиндустрии

С.А. Кошкарев, А.Г. Гасайниева, Е.Б. Медведева, А.А. Ледяева, А.С.

Милованов, Н.Н. Петрова, К.С. Кошкарев

*Волгоградский государственный технический университет,
Волгоград*

Аннотация: Статья посвящена вопросу повышения экологической безопасности стройиндустрии совершенствованием систем обеспыливания с использованием комплексного дисперсионного анализа выбросов пыли системами аспирации. В статье предложено развить перспективный подход с использованием критериев гидродинамического подобия в функциях выхода комплексного дисперсионного анализа для повышения эффективности систем обеспыливания аспирации. Эквивалентные размеры, скорости седиментации частиц и получаемые на их основе плотности распределения гидродинамического критерия подобия для исследованных образцов пыли позволяют более надежные результаты комплексного дисперсионного анализа частиц. Получены регрессии для скорости седиментации и плотности распределения значений гидродинамического критерия подобия как функции выходных данных комплексного дисперсионного анализа частиц пыли. Разрабатываемые с использованием результатов исследований устройства очистки позволяют снизить проскок пыли в системах обеспыливания аспирации и значительно снизить выбросы мелкодисперсной пыли стройматериалов в атмосферу на предприятиях стройиндустрии, что представляется одним из наиболее эффективных способов повышения экологической безопасности.

Ключевые слова: Пыль, стройматериал, пылеуловитель, очистка, проскок, дисперсионный анализ, скорость, седиментация, критерий, выброс, атмосфера, обеспыливание, аспирация.

Индексным показателем объемов строительства может, например, быть объем производства бетонов, который в 2017 г по сравнению с 2016 г (25143млн.м³) составил 101,0%, и является среднестатистическим ежегодным показателем производства за последние 7 лет (изменялся от 24680 до 30291 млн. м³/г) [1, 2]. Суммарное количество произведенного бетона в ЮФО за полугодие 2017 г составило около 14% от общероссийского объема производства [1], и занимает второе место в РФ после ЦФО. Значительные

относительно стабильные во времени объемы производства строительных материалов увеличивают техногенное пылевое загрязнение атмосферы высокоурбанизированных территорий и городов.

Известно, что в технологических циклах производства строительных материалов, конструкционных элементов из различных бетонов (керамзитобетонов, пено-газобетонов и т.п.) проводятся операции, связанные с изменением гранулометрического состава (измельчение, дробление), перемещением и перегрузкой данных сырьевых компонентов и собственно сыпучих целевых продуктов (например, фасовка в тару и отгрузка потребителям). Пыль различной гидравлической крупности и степени дисперсности поступает от мест перегрузки сыпучих в производственный объем цехов данных предприятий. При проведении процессов механического воздействия, сушки, дегидратации, обжиге сырья и сыпучих компонентов, в соответствующих технологических устройствах выделяющаяся дисперсная пыль поступает с газоздушными потоками в локальные системы аспирации, которые оснащаются пылеулавливающим оборудованием. Устройства систем обеспыливания аспирации выбрасывают в атмосферу мелкодисперсную пыль на источниках загрязнения [3]. Конструкции аппаратов систем обеспыливания весьма разнообразны, и определяются спецификой и особенностями технологии конкретной отрасли стройиндустрии. Наиболее часто в системах обеспыливания аспирации устанавливаются аппараты инерционного типа (циклоны, ВЗП и т.п.) [3-6]. Ряд исследователей рекомендует перспективный способ снижения степени проскока пыли в пылеулавливающих устройствах систем аспирации – использование для обеспыливания выбросов аппаратов с фильтрующе-псевдоожиженным слое, состоящим из гранулообразных дисперсных частиц самого материала [7-9].

Вопросы совершенствования методики комплексного дисперсионного анализа были рассмотрены в работах [9-13]. Степень улавливания пыли в устройствах инерционного типа (циклоны, ВЗП), фильтрующе - псевдооживленного слоя в системах обеспыливания аспирации зависит от значений скорости витания частиц u_p . Значение среднемедианной скорости седиментации-витания частиц u_{p50} определяется по интегральной функции распределения по скоростям витания «ансамбля» частиц исследуемого образца пробы пыли $D(u_p)$. В [12, 13] были реализован подход в изменении выходных данных эксперимента в части определения значений скорости витания-седиментации частиц u_p , и u_{p50} как функции выходных данных комплексного дисперсионного анализа.

В настоящей работе предпринята попытка совершенствования выходных данных результатов эксперимента с учетом [12, 13]. Было предложено принципиально изменить физические параметры выходных данных комплексного дисперсионного анализа с использованием критериев подобия. При этом величина было предложено, для экспериментально измеряемой скорости седиментации u_p , и соответствующей ей эквивалентным размером частиц r_p определять значения критериев Архимеда Ar (среднемедианные значения $D_{50}(Ar)$ для «совокупности» частиц пробы пыли). Интегральные функции плотности распределения критерия Ar частиц пробы пыли $D(Ar)$, позволяют определить более точно диапазон величины D_{50} для эквивалентного размера частиц r_p и последующего определения скорости седиментации (витания) частиц u_p . При решении обратной задачи для определения диапазон величин эквивалентного размера частиц r_p , r_{p50} и скорости седиментации (витания) частиц u_p , и u_{p50} для $D_{50}(Ar)$ с использованием графиков $D(Ar)$, представленных на рисунке 1.

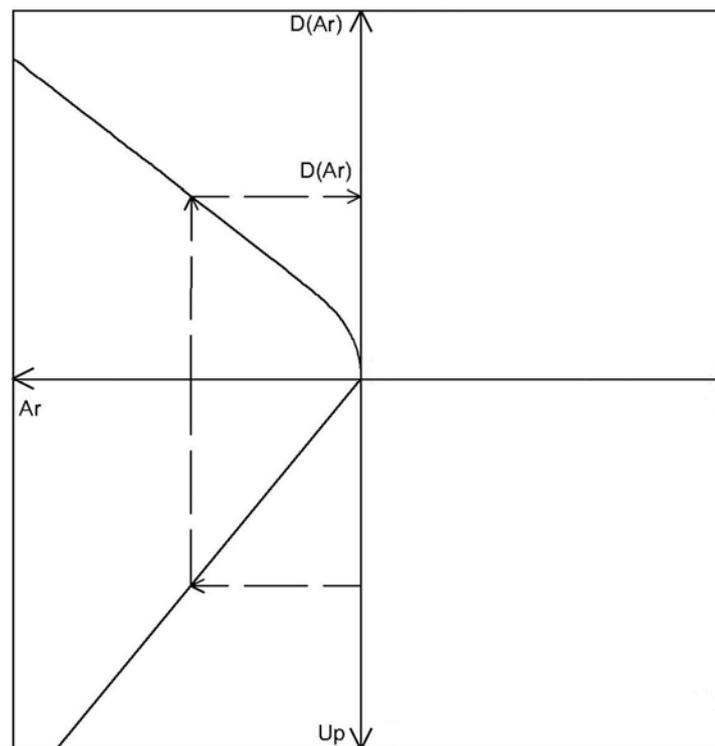


Рис. 1. – Комплексная зависимость интегральных функций плотности распределения числе Ar для частиц пробы пыли строительных материалов $D(Ar)$

Серия экспериментов частиц для различных видов пыли строительных материалов выполнялась на лабораторной установке [14]. Статистическая обработка данных результатов данного эксперимента позволила получить регрессии для комплексной оценки интегральных функций плотности распределения чисел Ar частиц пробы пыли, величин $D_{50}(Ar)$, ряда видов пыли строительных материалов следующих видов

$$\left\{ \begin{array}{l} D(Ar) = A_1 - B_1 \exp(-C_1 Ar) \\ D(Ar) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{Ar} \exp(-t^2/2) dt \end{array} \right. \quad (1)$$

Для упрощенных инженерных расчетов в проектах, при разработке конструкций пылеуловителей можно использовать аппроксимации,

полученные в результате статистической обработки результатов эксперимента вида для скоростей воздуха от 0,1 до 1,0 м/с

$$u_p(t_p) = (A_2 t_p + C_2) \quad (2)$$

В первом приближении в инженерных расчетах для комплексной оценки функции плотности распределения Ar для определения среднемедианного значения $D_{50}(Ar)$ исследуемой пробы частиц пыли размера t_p предложено использовать вид зависимости

$$D(Ar) = (A_3 \lg^2(Ar) + B_3 \lg Ar + C_3) \quad (3)$$

где A_i , B_i и C_i параметрические величины, принимающие постоянные значения для исследуемого вида пыли дисперсного стройматериала.

Данный подход был использован для разработки новых пылеулавливающих устройств очистки выбросов аспирации стройиндустрии [15], прошедших успешные опытно-промышленные испытания.

Выводы.

Результаты эксперимента позволили получить регрессии для комплексной оценки в части скоростей седиментации (витания) частиц $u_p(t_p)$ которые были использованы для разработки эффективных пылеуловителей в опытно-промышленных установках систем обеспыливания аспирации стройиндустрии.

Литература

1. Beton.ru. Производство бетона в Российской Федерации
URL: beton.ru/news/detail.php?ID=422289.
2. О промышленном производстве в РФ.
URL: gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d03/7.htm
3. Балтеренас, П. С. Обеспыливание воздуха на предприятиях строительных материалов. М.: Стройиздат, 1990. 180 с.



4. Азаров, В. Н. Сергина, Н. М. Системы пылеулавливания с инерционными аппаратами в производстве строительных материалов // Строительные материалы. 2003. №8. С. 14-15.

5. Сергина, Н. М. и др. Системы инерционного пылеулавливания в промышленности строительных материалов // Строительные материалы. 2013. №2. С. 66-68.

6. Азаров, В. Н. и др. Особенности аспирации технологического оборудования предприятий по производству цемента // Вестник ВолгГАСУ. 2013. №31-2 (50). С. 499-502.

7. Koshkarev S., Azarov V., Azarov D. The decreasing dust emissions of aspiration schemes applying a fluidized granular particulate material bed separator at the building construction factories// Procedia Engineering. 2016. V. 165. Pp. 1070-1079.

8. Koshkarev S.A., Roschin P.A., Evtushenko A.I. Modeling of cleaning of dust emission in fluidized bed building aspiration collector// MATEC Web of Conferences. "International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City"" 2017. P. 07020.

9. Кошкарев, С.А. Повышение экологической безопасности предприятий стройиндустрии путем снижения проскока пыли в системах обеспыливания с пылеуловителями псевдооживленного слоя дисперсного материала // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. № 50 (69). С. 252-260.

10. Азаров, В. Н., Кошкарев, С. А., Николенко, М. А. К определению фактических размеров частиц пыли выбросов стройиндустрии и строительства// Инженерный вестник Дона. 2015. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2858.

11. Strelets K. I., Kitain M. B., Petrochenko M. V. Welding Spark Parameters Determination for Cyclone Removal Calculation // Advanced Materials Research. 2014. V. 941. Pp. 2098-2103.

12. Кошкарев, С.А. Димитренко, М.В., Ерохин, Д.А., Тагаева, А.О., Слободчкова, А.Д., Кошкарев, К.С. Особенности применения комплексного дисперсионного анализа для повышения эффективности систем обеспыливания выбросов аспирации стройиндустрии // Инженерный вестник Дона. 2016. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3799.

13. Азаров, В. Н., Кошкарев, С.А. Повышение экологической безопасности стройиндустрии совершенствованием систем обеспыливания с использованием комплексного дисперсионного анализа пылевых выбросов // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 43 (62). С. 161-174.

14. Патент №156520, Россия, U1 МПК G01N 15/00. Устройство для определения дисперсного состава пыли. Кошкарев, С.А., Азаров, В. Н. [и др.]. Заявка №2015124975/28. 24.06.2015. Заявлено 24.06.2015. Оpubл. 2015.

15. Патент №161262, Россия. Аппарат с псевдооживленным слоем. Кошкарев, С.А., Азаров, В. Н. [и др.]. Заявка №2015139314. Заявлено 15.09.2015. Оpubл. 10.04.2016. Бюлл.№10. 2016.

References

1. Beton.ru. URL:beton.ru/news/detail.php?ID=422289 (date of access: 01.11.2018).

2. URL:gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d03/7.htm (date of access: 01.11.2018).

3. Balterenas, P. S. Obespylivanie vozduha na predpriyatijah stroitel'nyh materialov [Decreasing dust air in enterprises of building materials]. M.: Strojizdat, 1990. 180 p.

4. Azarov, V. N. Sergina, N. M. Stroitel'nye materialy. 2003. №8. Pp. 14-15.



5. Sergina, N. M. Stroitel'nye materialy. 2013. №2. Pp. 66-68.
6. Azarov, V. N. i dr. Vestnik VolgGASU, 2013. №31-2 (50). Pp. 499-502.
7. Koshkarev S., Azarov V., Azarov D. Procedia Engineering. 2016. V. 165. Pp. 1070-1079.
8. Koshkarev S.A., Roschin P.A., Evtushenko A.I. MATEC Web of Conferences. "International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City"" 2017. P. 07020.
9. Koshkarev, S.A. Vestnik VolgGASU. 2017. № 50 (69). Pp. 252-260.
10. Azarov, V. N., Koshkarev, S. A., Nikolenko, M. A. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2015. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2858.
11. Strelets K. I., Kitain M. B., Petrochenko M. V. Advanced Materials Research. 2014. T. 941. Pp. 2098-2103.
12. Koshkarev, S.A. Dimitrenko, M.V., Erohin, D.A., Tagaeva, A.O., Slobodchkova, A.D., Koshkarev, K.S. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2016. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3799.
13. Azarov, V. N., Koshkarev, S.A. Vestnik VolgGASU. 2016. 43(62). Pp. 161-174.
14. Patent №156520, Russia [Rossija]. U1 MIIK G01N 15/00. Ustrojstvo dlja opredelenija dispersnogo sostava pyli [Device for determining the composition of particulate dust]. Koshkarev, S.A., Azarov, V. N. et al. Zajavka №2015124975/28. 24.06.2015. Zajavleno 24.06.2015. Publ. 2015.
15. Patent №. 161262. Russia [Rossija]. Koshkarev, S.A., Azarov, V. N. et al. Zajavka №2015139314. Zajavleno 15.09.2015. Publ.10.04.2016. Bull.№10. 2016.