

DOI: 10.12737/article\_5c506219593bc6.63842166

<sup>1,\*</sup>Шаптала В.Г., <sup>1</sup>Горлов А.С., <sup>2</sup>Северин Н.Н., <sup>1</sup>Радоуцкий В.Ю., <sup>1</sup>Шаптала В.В.,  
<sup>2</sup>Гусев Ю.М.

<sup>1</sup>Белгородский государственный техн ологический университет им. В.Г. Шухова  
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, 46

<sup>2</sup>Белгородский юридический институт им. И.Д. Путилина  
Россия, 308012, Белгород, ул. Горького, д. 31.

\*E-mail: shapvlad7@yandex.ru

## ВОПРОСЫ КОМПЛЕКСНОГО ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Аннотация.** При производстве строительных материалов широко применяется механическая обработка сыпучих материалов, которая сопровождается интенсивным пылеобразованием. Запыленность воздушной среды приводит к профессиональным заболеваниям, потерям готовой продукции, большому экологическому, социально-экономическому ущербу. Радикальным способом борьбы с пылью был бы переход на безотходные замкнутые производственные циклы. Однако внедрение безопасных технологий требует огромных капиталовложений, поэтому еще длительное время технологические мероприятия по снижению пылевыведений будут дополняться устройством обеспыливающей вентиляции и пыле-газоочистки. Для успешной борьбы с пылью необходимо комплексное использование аспирации, вакуумной пылеуборки поверхностей и общеобменной вентиляции. Работа аспирации и ЦПУ отличается высоким энергопотреблением. Поэтому актуальной является задача определения их оптимальных параметров минимизирующих энергозатраты. Параметрической оптимизации комплексных систем обеспыливания должна предшествовать их структурная оптимизация. В качестве основы для ее проведения используется балансовая модель обеспыливания производственного помещения.

**Ключевые слова:** обеспыливающая вентиляция, аспирация, вакуумная пылеуборка поверхностей, комплексная система обеспыливания.

**Введение:** Концепция перехода к устойчивому развитию, одно из основных направлений перехода к устойчивому развитию которой – это разработка и внедрение высокоэффективных автоматизированных технологии производства и научно обоснованных способов получения новых материалов была принята в России в 1996 г.

Сыпучие материалы в виде сырья, полуфабрикатов или готовой продукции широко используются при производстве строительных материалов. Механическая обработка этих материалов (измельчение, грохочение, помол, перегрузки, транспортирование) [1, 3] сопровождается интенсивным пылеобразованием. Выделяемая при этом пыль загрязняет воздушную среду производственных помещений, промышленных площадок, атмосферу и сопредельные среды на прилегающих территориях. Пылевыведения приводят к профессиональным заболеваниям, потерям ценного сырья и готовой продукции. Радикальным способом борьбы с пылью является переход на безотходные, замкнутые производственные циклы. Однако внедрение безопасных технологий требует огромных инвестиций и вряд ли осуществимо в обозримом будущем. Поэтому еще длительное время технологические мероприятия по снижению пылевыведений будут дополняться

устройством обеспыливающей вентиляции и пылегазоочистки [4, 5].

Многие из применяемых в настоящее время систем обеспыливающей вентиляции по своей эффективности и энергопотреблению не отвечают современным требованиям и нуждаются в замене или в коренной реконструкции [7]. В связи с этим остро стоит вопрос оптимизации известных способов борьбы с пылью, а также разработки новых технологий обеспыливания.

В производственных помещениях, в которых ведется переработка сыпучих материалов, основной вредностью является пыль. Несмотря на совершенствование технологии производства, герметизацию оборудования и другие организационно-технические мероприятия по снижению пылевыведения основным средством борьбы с пылью остается местная вытяжная вентиляция [6] и аспирация технологического оборудования. Которая в ряде случаев выполняет не только санитарно-гигиеническую, но и важную технологическую функцию, создавая благоприятные условия протекания технологических процессов [8, 9]. Однако, как показывает практика с помощью одной лишь местной вытяжной вентиляции обеспечить в рабочих зонах необходимые санитарно-гигиенические условия не удастся [4, 5]. Это связано с тем, что в ряде случаев применение

местной вытяжной вентиляции затрудняется большой протяженностью пылеисточников и технологическими причинами. В частности, не может быть аспирировано вторичное пыление, связанное со взметыванием пыли, осевшей на пол и поверхности оборудования. Вторичное пыление может быть устранено с помощью централизованной вакуумной системы пылеуборки поверхностей (ЦПУ). Воздух, удаляемый из помещений системами аспирации и ЦПУ должен компенсироваться специально организованным притоком свежего воздуха. Кроме того, определенное количество приточного воздуха требуется для разбавления пыли и других вредностей, не удаленных системами аспирации и ЦПУ. Таким образом для успешной борьбы с пылью необходимо использование аспирации, пылеуборки поверхностей и общеобменной вентиляции. Однако одного лишь простого совмещения различных средств и способов борьбы с пылью недостаточно. Больше того в ряде случаев совместное использование различных систем может привести к ухудшению пылевой обстановки. Поэтому необходимо не просто совместное, а комплексное использование всех имеющихся средств обеспыливания, при которых все системы работают в тесном взаимодействии, являясь элементами единой комплексной системы обеспыливания производственной воздушной среды, которая включает в себя не только помещения, но и промышленные площадки. Это связано с тем, что, хотя запыленность отработанного вентиляционного воздуха существенно ниже технологических выбросов, он часто поступает в атмосферу без надлежащей очистки. Вместе с тем объемы вентиляционных выбросов особенно в теплый период года бывают столь велики, что валовые количества выносимой с ними пыли могут быть сравнимы с технологическими выбросами. И т.к. вентиляционный воздух обычно выбрасывается низко, над кровлями промышленных зданий, то наряду с пылением открыто установленного оборудования и поверхностным пылением технологического транспорта вентиляционные выбросы существенно влияют на загрязнение приземного слоя воздуха на промышленных площадках. А так как приточный вентиляционный воздух как правило не очищается, то пылевое состояние промышленных площадок заметно влияет на качество воздушной среды самих помещений. Отсюда следует, что проблема обеспыливания производственной воздушной среды включает в себя задачу очистки запыленных аспирационных выбросов. Эта задача также должна решаться на основе комплексного подхода т.к. требуемую степень очистки аспирируемого воздуха можно до-

стичь лишь путем рационально сочетания пылеуловителей различного типа или же комбинирования различных механизмов осаждения пыли в одном аппарате.

В общем случае комплексная система обеспыливания производственной воздушной среды включает в себя следующие подсистемы:

1. Местную вытяжную вентиляцию;
2. Централизованную вакуумную пылеуборку поверхностей;
3. Общеобменную вентиляцию производственных помещений;
4. Пылеуловители для очистки выбросов местных отсосов и ЦПУ;
5. Устройства для выброса и рассеивания отработанного вентиляционного воздуха;
6. Мероприятия, направленные на снижение пылевыделения в помещении;
7. Мероприятия, направленные на снижение пылевыделений на промышленных площадках (хранилища, автодороги и т. д.).

В более узком понимании комплексные системы обеспыливания охватывают только помещения и включают в себя лишь первые три подсистемы.

Параметрической оптимизации комплексных систем обеспыливания должна предшествовать их структурная оптимизация. Для определения оптимальной структуры обеспыливающих систем может быть использован метод экспертных оценок. В качестве основы для проведения таких оценок используются балансовые модели обеспыливания производственного помещения в целом или его отдельных зон [12].

Предположим, что в производственном помещении находятся  $n$  локализованных пылеисточников примерно одинаковой интенсивности  $G_l$ , из которых  $m$  источников ( $m \leq n$ ) аспирированы с эффективностью  $\eta_a < 1$ , которая зависит от типа укрытия, его конструкции и расхода отсасываемого воздуха. Принципиальная невозможность полного улавливания пыли местными отсосами связана с турбулентной диффузией частиц пыли навстречу потокам всасываемого воздуха [10, 11]. В цехе установлена также централизованная система вакуумной пылеуборки поверхностей (ЦПУ), эффективность которой  $\eta_{ny}$  учитывает степень охвата запыленных поверхностей, конструкцию пылеуборочных насадков, периодичность уборки и т.д. Далее величины  $\eta_a$ ,  $\eta_{ny}$  будем считать постоянными и равными некоторым усредненным значениям. Применение аспирации и ЦПУ приводит к существенному снижению интенсивности сосредоточенного  $G_c$  и поверхностного  $G_n$  пыления:

$$\begin{aligned} G_c &= nG_n(1 - p_a\eta_a), \\ G_n &= Sg_s(1 - \eta_{ny}), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $p_a = m/n$  – доля аспирированных пылеисточников,  $S$  – площадь поверхности осаждения пыли,  $g_s$  – плотность интенсивности поверхностного пыления, мг/м<sup>2</sup>с. Взвешенная в воздухе пыль, не уловленная местными вытяжками и ЦПУ, разбавляется до предельно-допустимой

$$\begin{aligned} nG_n(1 - p_a\eta_a) + Sg_s(1 - \eta_{ny}) + L_n C_n &= L_o C + CSV_s, \\ L_n &= L_o + mL_a. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь  $L_a$  – производительность местного отсоса от одного источника выделения пыли,  $C$  – усредненная концентрация пыли в помещении,  $C_n$  – концентрация пыли в приточном воздухе.

$$\tilde{C} = \frac{nG_n}{C_{нок} L_o} \cdot \frac{1 - p_a\eta_a + \tilde{G}_s(1 - \eta_{ny}) + \tilde{L}_n \frac{C_n L_o}{nG_n}}{\tilde{L}_n - m\tilde{L}_a + \frac{SV_s}{L_o}}, \quad (3)$$

где  $L_o = \frac{nG_n + Sg_s - SV_s C_{нок}}{C_{нок} - C_n}$  – производительность общеобменной вентиляции необходимая для поддержания предельно-допустимой концентрации пыли при отсутствии аспирации и ЦПУ,  $\tilde{C} = C/C_{нок}$ ,  $\tilde{L}_n = L_n/L_o$ ,  $\tilde{L}_a = L_a/L_o$ ,  $\tilde{G}_s = Sg_s/(nG_n)$ . Соотношение (2) позволяет исследовать влияние каждой из трех подсистем КСО (аспирации, ЦПУ и общеобменной вентиляции) на пылевую обстановку в помещении

**Вывод.** Прибегая к помощи синергетического подхода к процессу гидратации и использования термодинамического метода выявляется возможность управления структурообразованием твердеющих систем и направлением его протекания. Так же данный подход разрешает собой проводить анализ состояния основных структурных элементов открытой метастабильной системы твердеющего многокомпонентного бетона. Выявить показатели полноты процессов в неравновесной системе с фиксацией нового состояния – от вязко-текучего до камневидного, т.е. переход к новому аттрактору. Эти определения четко поясняют механизм процесса гидратации и согласуются с положениями синергетики. Объектом дальнейших исследований представляется вычисление роли каждого компонента многокомпонентной высокопрочной твердеющей системы на основе значений их термодинамических параметров с учетом синергетических представлений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богданов В.С., Несмеянов Н.П., Пироцкий В.З., Морозов А.И. Механическое оборудо-

концентрации с помощью общеобменной вентиляции, производительность которой по притоку и вытяжке равна соответственно  $L_n$  и  $L_o$ . Влиянием ЦПУ на воздухообмен помещения будем пренебрегать. Не будем также учитывать различия температуры приточного и удаляемого воздуха, а также неоднородность распределения температуры и концентрации пыли внутри помещения. В этом случае уравнения пылевоздушного баланса помещения можно записать в виде:

Из уравнений (2) вытекает следующее соотношение для безразмерной концентрации пыли:

вание предприятий промышленности строительных материалов. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1998. 179 с.

2. Богданов В.С., Ильин А.С., Семикопенко И.А.. Процессы в производстве строительных материалов и изделий. Белгород: Везелица, 2007. 512 с.

3. Горлов А.С., Севостьянов В.С., Михайличенко С.А., Перельгин Д.Н. Многофункциональные технологические комплексы для переработки природных техногенных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. №6. С. 370–375.

4. Минко В.А. Обеспыливание технологических процессов производства строительных материалов. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1981. 176 с.

5. Минко В.А., Логачев И.Н., Логачев К.И. и др. Обеспыливающая вентиляция. Монография. Под общей редакцией В.А. Минко. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 565 с.

6. Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамика вентиляции. СПб.: Химиздат, 2005. 659 с.

7. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Энергосбережение в аспирации. М.: Ижевск. НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2013. 569 с.

8. Богданов В.С., Шаптала В.Г., Бажанова О.И. Технологическая аспирация цементных мельниц // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 95–98.

9. Бажанова О.И. Технологическая аспирация трубных шаровых мельниц. Дис. канд. техн. наук. Белгород, 2013. 204 с.

10. Посохин В.Н. Расчет местных отсосов от тепло- и газовыделяющего оборудования. М.: Машиностроение, 1984. 160 с.

11. Эльтерман В.М. Вентиляция химических производств. М.: Химия, 1980. 288 с.

12. Шаптала В.Г. Математическое моделирование систем обеспыливания промышленных

объектов с учетом явлений переноса в гетерогенных средах. Дис. д-ра техн. наук. Воронеж, 2003. 367 с.

Поступила в августе 2018 г.

© Шаптала В. Г., Горлов А.С., Северин Н.Н., Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В., Гусев Ю.М., 2019

Информация об авторах

**Шаптала Владимир Григорьевич**, доктор технических наук, профессор кафедры высшей математики. E-mail: shapvlad7@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Горлов Александр Семенович**, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики. E-mail: belgoras@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Северин Николай Николаевич**, доктор педагогических наук, профессор кафедры огневой подготовки. E-mail: belui@mvd.ru. Белгородский юридический институт им. И.Д. Путилина. Россия, 308012, Белгород, ул. Горького, д. 31.

**Радоуцкий Владимир Юрьевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях. E-mail: zchs@intbel.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Шаптала Вадим Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий. E-mail: shaptalavadim@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Гусев Юрий Михайлович**, аспирант, зам. нач. кафедры огневой подготовки. E-mail: belui@mvd.ru. Белгородский юридический институт им. И.Д. Путилина. Россия, 308012, Белгород, ул. Горького, д. 31.

<sup>1,\*</sup>Shaptala V.G., <sup>1</sup>Gorlov A.S., <sup>2</sup>Severin N.N., <sup>1</sup>Radautsky V.Yu., <sup>1</sup>Shaptala V.V., <sup>2</sup>Gusev Yu.M.

<sup>1</sup>Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

<sup>2</sup>Belgorod Law Institute of the Ministry of internal Affairs of the Russian Federation named after I.D. Putilin  
Russia, 308012, Belgorod, st. Gor'kogo, 31

\*E-mail: shapvlad7@yandex.ru

## QUESTIONS OF COMPLEX DEPOSITION OF INDUSTRIAL PREMISES OF ENTERPRISES OF INDUSTRY OF BUILDING MATERIALS

**Abstract.** In the production of building materials, mechanical processing of bulk materials is widely used, which is accompanied by intense dust formation. Dustiness of the air environment leads to occupational diseases, loss of finished products, great environmental, socio-economic damage. A radical way to fight dust would be to switch to non-waste closed production cycles. However, the introduction of safe technologies requires huge investments, so for a long time, technological measures to reduce dust emissions will be supplemented with a dust-free ventilation and dust-gas cleaning device. To successfully combat dust, complex use of aspiration, vacuum dust collection of surfaces and general exchange ventilation is necessary. The work of aspiration and CPU is characterized by high energy consumption. Therefore, the actual task is to determine their optimal parameters to minimize energy costs. Parametric optimization of complex systems of dedusting should be preceded by their structural optimization. As a basis for its implementation, a balance model of dust removal of the production premises is used.

**Keywords:** dedusting ventilation, aspiration, vacuum dust collection of surfaces, complex dust removal system.

### REFERENCES

1. Bogdanov V.S., Nesmeyanov N.P., Pirotsky V.Z., Morozov A.I. Mechanical equipment of the

enterprises of the industry of construction materials. Belgorod: Publishing house of BELGTASM. 1998, 179 p.

2. Bogdanov V.S., Ilyin A.S., Semikopenko I.A.. Processes in production of construction materials and products. Belgorod: Vezelitsa. 2007, 512 p.

3. Gorlov A.S., Sevostyanov V.S., Mykhaylychenko S.A., Perelygin D.N. Mnogofunktsionalnye technological complexes for processing of natural technogenic materials. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2003, no. 6, pp. 370–375.

4. Minko V.A. Dust removal of technological processes of production of construction materials. Voronezh: VSU publishing house, 1981, 176 p.

5. Minko V.A., Logachev I.N., Logachev K.I., etc. The removing dust ventilation. Monograph. Under the general edition of V.A. Minko. Belgorod: BGTU publishing house, 2010, 565 p.

6. Logachev I.N., Logachev K.I. Ventilation aerodynamics. SPb.: Himizdat. 2005, 659 p.

7. Logachev I.N., Logachev K.I., Averkova O.A. Energy saving in aspiration. M.: Izhevsk.

Research Center Regulyarnaya and chaotic dynamics, 2013, 569 p.

8. Bogdanov V.S., Shaptala V.G., Bazhanova O.I. Technological aspiration of cement mills. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2012, no. 3, pp. 95–98.

9. Bazhanova O.I. Technological aspiration of pipe spherical mills. Yew. Cand.Tech.Sci. Belgorod, 2013, 204 p.

10. Posokhin V.N. Calculation of local suction from the warm and gas-yielding equipment. M.: Mechanical engineering, 1984, 160 p.

11. Elterman V.M. Ventilation of chemical productions. M.: Himiya, 1980, 288 p.

12. Shaptala V.G. Mathematical modeling of systems of dust removal of industrial facilities taking into account the transfer phenomena in heterogeneous environments. Yew. Dr.Sci.Tech. Voronezh, 2003, 367 p.

#### *Information about the authors*

**Shaptala, Vladimir G.** DSc, Professor. E-mail: shapvlad7@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Gorlov, Alexander S.** PhD, Assistant professor. E-mail: belgoras@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Shaptala, Vadim V.** PhD, Assistant professor. E-mail: shaptalavadim@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Severin, Nikolay N.** DSc, Professor. E-mail: belui@mvd.ru. Belgorod law Institute of the Ministry of internal Affairs of the Russian Federation named after I. D. Putilin. Russia, 308012, Belgorod, st. Gor'kogo, 31.

**Radautsky, Vladimir Yu.** PhD, Professor. E-mail: zchs@intbel.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Gusev, Yuri M.** Postgraduate student. E-mail: belui@mvd.ru. Belgorod law Institute of the Ministry of internal Affairs of the Russian Federation named after I. D. Putilin. Russia, 308012, Belgorod, st. Gor'kogo, 31.

---

*Received in August 2018*

#### **Для цитирования:**

Шаптала В. Г., Горлов А.С., Северин Н.Н., Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В., Гусев Ю.М. Вопросы комплексного обеспыливания производственных помещений предприятий промышленности строительных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №1. С. 81–85. DOI: 10.12737/article\_5c506219593bc6.63842166

#### **For citation:**

Shaptala V.G., Gorlov A.S., Severin N.N., Radautsky V.Yu., Shaptala V.V., Gusev Yu.M. Questions of complex deposition of industrial premises of enterprises of industry of building materials. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2019, no. 1, pp. 81–85. DOI: 10.12737/article\_5c506219593bc6.63842166