

Проектирование системы пылеподавления для сушильного барабана кирпичных заводов

В.И. Беспалов, Г.Г. Турк

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Авторами разработана методика, позволяющая на основе расчета значений санитарно-гигиенической и экологической эффективности, а также энергоемкостного показателя процессов улавливания пыли и очистки газоздушного потока от пыли, осуществлять выбор и проектирование высокоэффективной и энергетически экономичной инженерной системы пылеподавления для сушильного барабана, эксплуатируемого на кирпичных заводах.

Ключевые слова: пыль неорганическая, дисперсная система, предприятие строительной индустрии, охрана труда, экологическая безопасность, производство кирпича, сушильный барабан, методика выбора, системы пылеподавления.

Анализ работ, посвященных различным методикам выбора оптимальных систем борьбы с пылью [1-3], позволил заключить, что наиболее приемлемой в качестве методологической основы является комплексная методика формирования [4,5] высокоэффективных и энергетически экономичных инженерных систем обеспыливания в условиях эксплуатации сушильного барабана кирпичных заводов, представленная в работах [6, 7].

Упомянутая методика преимущественно отличается тем, что в ее основу положены аналитико-логические схемы [1, 8], а также параметрические зависимости эффективности и энергоемкостного показателя процесса обеспыливания [9, 10].

Однако для того, чтобы представлялась возможность применения этой методики в условиях эксплуатации сушильного барабана кирпичных заводов, необходимо ее усовершенствовать с учетом следующих особенностей рассматриваемой производственно-технологической обстановки:

- во-первых, рабочая зона сушильного барабана находится внутри производственного помещения, являясь элементом производственной среды

предприятия и характеризуясь, с одной стороны, строго нормируемыми параметрами микроклимата и, с другой стороны, интенсивными тепловыделениями в воздух рабочей зоны от сушильного барабана. Это обстоятельство должно быть учтено внесением соответствующих корректировок в расчетные зависимости, описывающие санитарно-гигиеническую эффективность и экономичность процесса улавливания пыли (например, поправки на расчетную скорость удаляемого от сушильного барабана пылегазовоздушного потока с учетом его температуры и влажности);

- во-вторых, для рассматриваемых производственно-технологических условий эксплуатации сушильных барабанов кирпичных заводов расчетные зависимости экологической эффективности очистки газоздушного потока от пыли неорганической с содержанием SiO_2 20-70%, а также энергоемкостного показателя также не могут быть использованы без соответствующей корректировки, хотя и используются в качестве основных оптимизационных критериев.

В связи с вышеописанным, нами усовершенствована известная методика оценки и выбора высокоэффективных и энергетически экономичных систем борьбы с загрязняющими веществами (СБЗВ), которая включает следующие основные этапы [8]:

1. В рабочей зоне оператора сушильного барабана рассматриваемого производственного участка кирпичного завода необходимо провести инструментальные замеры параметров, характеризующих санитарно-гигиеническую обстановку в воздухе рабочей зоны сушильного барабана: температуры, влажности, подвижности воздуха и фактической концентрации пыли неорганической с содержанием SiO_2 20-70% с последующим ее сопоставлением с $ПДК_{рз}$.

2. На основе полученных в соответствии с п.1 методики значений концентрации пыли необходимо определить значение требуемой эффективности улавливания пыли неорганической с содержанием SiO_2 20-70% для рассматриваемой рабочей зоны по формуле:

$$E_{эф(Y)i-TP} = \frac{C_{н(Y)i} - C_{к(Y)i}}{C_{н(Y)i}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где: $E_{эф(Y)i-TP}$ – требуемая эффективность реализации процесса улавливания пыли, %; $C_{н(Y)i}$ – суммарная (с учетом фоновой) замеренная фактическая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны оператора сушильного барабана, $мг/м^3$; $C_{к(Y)i}$ – значение нормативной концентрации (ПДК_{рз}) пыли в воздухе рабочей зоны оператора сушильного барабана, $мг/м^3$.

3. С учетом коммерческих возможностей рассматриваемого кирпичного завода, необходимо сформировать перечень возможных в применении на эксплуатируемом типе сушильного барабана вариантов технологий (метод, способ) организации соответственно процессов улавливания пыли и очистки газовой воздушного потока от пыли неорганической с содержанием SiO_2 20-70% с последующим сопоставлением основных технологических особенностей каждого варианта с основными производственно-технологическими требованиями и условиями реализации производственного процесса, включая требования техники безопасности, электробезопасности, пожарной безопасности и другие.

В соответствии с выполненным нами анализом, для реализации в рассматриваемых производственно-технологических условиях процесса улавливания пыли нами выбраны следующие варианты:

- вариант 1: аэродинамический метод линейными всасывающими газовой воздушными потоками;

- вариант 2: аэродинамический метод линейными сдуво-всасывающими газоздушными потоками;

а для реализации процесса очистки газоздушного потока от пыли – соответственно:

- вариант 1 – аэродинамический метод линейными газоздушными потоками;

- вариант 2 – аэродинамический метод вихревыми газоздушными потоками;

- вариант 3 – механический метод твердым телом (материалом).

4. Для каждого выбранного в соответствии с п.3 методики варианта необходимо рассчитать значение фактической максимально возможной санитарно-гигиенической эффективности улавливания $E_{эф(y)i-MAX}$ и уточнить возможность применения каждого варианта из следующего условия соблюдения требуемой эффективности улавливания пыли:

$$E_{эф(y)i-MAX} \geq E_{эф(y)i-TP}. \quad (2)$$

5. Необходимо рассчитать значения энергоемкостного показателя $E^o_{(y)i}$ для каждого отобранного в соответствии с п.4 методики варианта реализации процесса улавливания с последующим выбором только одного варианта, для которого расчетные значения эффективности улавливания обеспечивают значение ПДК_{рз} пыли неорганической с содержанием SiO_2 20 – 70%, и который характеризуется максимальным значением энергоемкостного показателя для условий эксплуатации сушильного барабана рассматриваемого кирпичного завода:

$$E^o_{(y)i} \rightarrow max. \quad (3)$$

6. Для окончательно выбранного по п.5 методики варианта технологии реализации процесса улавливания необходимо рассчитать его рабочие параметры, соответствующие расчетным значениям эффективности и энергоемкостного показателя. По полученным значениям рабочих

параметров необходимо либо подобрать соответствующие конструкции инженерных устройств улавливания пыли из числа известных, либо разработать принципиально новые технические решения.

7. В транспортирующей сети воздухопроводов, непосредственно после зоны улавливания, необходимо рассчитать значение концентрации частиц пыли неорганической с содержанием SiO_2 20 – 70% $C_{н(О)I}$, поступающих в зону очистки газозвдушного потока от пыли.

8. На основе полученных в соответствии с п.7 методики значений концентрации пыли необходимо определить значение требуемой экологической эффективности очистки газозвдушного потока от пыли неорганической с содержанием SiO_2 20-70% для рассматриваемых условий эксплуатации сушильного барабана:

$$E_{эф(О)i-TP} = \frac{C_{н(О)i} - C_{к(О)i}}{C_{н(О)i}} \cdot 100, \%, \quad (4)$$

где: $E_{эф(О)i-TP}$ – значение требуемой экологической эффективности очистки газозвдушного потока от пыли, %; $C_{н(О)I}$ – расчетное значение концентрации пыли в воздуховоде непосредственно перед зоной реализации процесса очистки газозвдушного потока, $мг/м^3$; $C_{к(О)I}$ – требуемое значение концентрации пыли в воздуховоде непосредственно после зоны реализации процесса очистки газозвдушного потока, при котором обеспечивается нормативная концентрация (ПДК_{сс}, либо ПДК_{мр}) этой пыли в наиболее опасно расположенной экологически значимой зоне приземного слоя атмосферы, $мг/м^3$.

9. На основе расчета значений максимально возможной экологической эффективности очистки $E_{эф(О)i-MAX}$ для каждого выбранного по п.3 методики варианта реализации процесса очистки газозвдушного потока и необходимо уточнить возможность применения каждого варианта при следующем

условии соблюдения требуемой экологической эффективности очистки газоздушного потока от пыли:

$$E_{эф(O)i-MAX} \geq E_{эф(O)i-TP}. \quad (5)$$

10. Необходимо рассчитать значения энергоемкостного показателя $E_{(O)i}^{\circ}$ для каждого отобранного в соответствии с п.9 методики варианта реализации процесса очистки с последующим выбором только одного варианта, для которого расчетные значения экологической эффективности очистки обеспечивают значение ПДК_{сс}, либо ПДК_{мр} пыли неорганической с содержанием SiO_2 20 – 70%, и который характеризуется максимальным значением энергоемкостного показателя для условий эксплуатации сушильного барабана рассматриваемого кирпичного завода:

$$E_{(O)i}^{\circ} \rightarrow \max. \quad (6)$$

11. Для окончательно выбранного по п.10 методики варианта технологии реализации процесса очистки необходимо рассчитать его рабочие параметры, соответствующие расчетным значениям экологической эффективности и энергоемкостного показателя. По полученным значениям рабочих параметров необходимо либо подобрать соответствующие конструкции инженерных устройств очистки газоздушного потока от пыли из числа известных, либо разработать принципиально новые технические решения.

12. Необходимо выполнить расчет, подбор вспомогательного оборудования и проектирование системы обеспыливания воздуха в целом для условий эксплуатации сушильного барабана рассматриваемого кирпичного завода, используя расчетные значения рабочих параметров улавливания пыли и очистки газоздушного потока от пыли.

Для практической реализации методики выбора высокоэффективной и экономичной технологии улавливания и очистки воздуха от пыли неорганической с содержанием SiO_2 20 – 70% применительно к условиям

эксплуатации сушильного барабана кирпичных заводов нами разработан алгоритм, реализованный программой «VEETO-SB-2019» на основе встроенного редактора *VisualBasicApplication® Microsoft Excel®*.

Таким образом, нами разработана методика, позволяющая на основе расчета значений санитарно-гигиенической и экологической эффективности, а также энергоемкостного показателя процессов улавливания пыли аэродинамическим методом, последовательной очистки газоздушного потока от пыли аэродинамическим и механическим методами осуществлять выбор и проектирование высокоэффективной и энергетически экономичной инженерной системы пылеподавления для сушильного барабана, эксплуатируемого на кирпичных заводах.

Литература

1. Беспалов В.И. Разработка метода формирования высокоэффективных и экономичных систем обеспыливания воздуха рабочей зоны горнодобывающих и перерабатывающих предприятий топливно-энергетического комплекса: Дисс. на соиск. уч. степ. д.т.н. – 05.26.01.- М., 1997. -267с.

2. Тимонин А.С. Основы расчета и конструирования химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник: В 3 т. Т.2. Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 2002. - 1030 с.

3. Омельченко Е.В. Оптимизация выбора конструкции пылеулавливающего аппарата для предприятий дорожных и строительных производств // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (Ч.2). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1249

4. Дзюба О.В., Парамонова О.Н. Анализ критериев выбора конструктивных решений для реализации процесса снижения загрязнения воздуха заводов строительной индустрии (на примере заводов железобетонных конструкций и изделий) // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. - №5 (36) Часть 2. – С. 49-51. // URL:

research-journal.org/technical/analiz-kriteriev-vybora-konstruktivnykh-reshenij-dlya-realizacii-processa-snizheniya-zagryazneniya-vozduxa-zavodov-stroitelnoj-industrii-na-primere-zavodov-zhelezobetonnykh-izdelij-i-konstrukcij/

5. Богуславский Е.И. Теория и расчет эффективности технических средств обеспыливания и разработка на их основе конструкций с вихревым режимом работы: Автореф. Дисс. На соиск. Уч.степ. д.т.н.-11.00.11 (Северо-Кавказский научный центр высшей школы). Ростов н/Д, 1991. – 46 с.

6. Турк Г.Г., Беспалов В.И. Анализ существующих методик выбора обеспыливающего оборудования при работе сушильного барабана кирпичного завода // Сборник науч. статей. Материалы междунар. научно-практ. конф. 2019. / - Уфа: «Материалы и методы инновационных научно-практических исследований и разработок, 2019 (г. Киров)». – Уфа: OMEGA SCIENCE, 2019. - С. 18-19.

7. Новгородский Е.Е., Трубников А.А. Анализ подходов к оценке эффективности улавливания вредностей и прогноза загрязнения воздуха рабочих зон // Инженерный вестник Дона, 2012, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/961

8. Турк Г.Г. Усовершенствование методики оценки и выбора высокоэффективных и энергетически экономичных систем борьбы с загрязняющими веществами для условий эксплуатации сушильного барабана кирпичных заводов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Проблемы внедрения результатов научных исследований и пути их решения» (Тюмень, 07.09.2020 г.). – Уфа: Omega Science, 2020. – С. 27-31.

9. Bogomolov A., Sergina N., Kondratenko T. On inertial systems, dust cleaning and dust removal equipment, and work areas in the production of aerated concrete from the hopper suction apparatus CSF. 2nd international conference on industrial engineering, ICIE, Chelyabinsk, 2016. pp. 2036-2041.

10. Lapshyn O.O., Shapovalov V.A., Khudyk M.V., Shepel O.L. Industrial research on dust trapping efficiency by the fiber filter in aspiration shelters of reloading units. Науковий Вісник Національного Гірничого університету. 2018. № 2. pp. 101-106.

References

1. Bepalov V.I. Razrabotka metoda formirovaniya vysokoeffektivnyh i ekonomichnyh sistem obespylivaniya vozduha rabochej zony gornodobyvayushchih i pererabatyvayushchih predpriyatij toplivno-energeticheskogo kompleksa [Development of a method for the formation of highly efficient and economical systems for dedusting the air of the working area of mining and processing enterprises of the fuel and energy complex]: Diss. na soisk. uch. step. d.t.n. 05.26.01. M. 1997. 267 p.

2. Timonin A.S. Osnovy rascheta i konstruirovaniya himikotekhnologicheskogo i prirodoohrannogo oborudovaniya [Basics of calculation and design of chemical technology and environmental protection equipment]: Spravochnik: V 3 t. T.2. Kaluga: Izd-vo N. Bochkarevoj, 2002. 1030 p.

3. Omelchenko E.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №4 (CH.2). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1249

4. Dzyuba O.V., Paramonova O.N. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal, 2015, №5 (36) CHast' 2. pp. 49-51.

5. Boguslavskij E.I. Teoriya i raschet effektivnosti tekhnicheskikh sredstv obespylivaniya i razrabotka na ih osnove konstrukcij s vihrevym rezhimom raboty [Theory and calculation of the efficiency of technical means of dedusting and the development of structures with a vortex mode of operation]: Avtoref. diss. na soisk. uch.step. d.t.n.-11.00.11. (Severo-Kavkazskij nauchnyj centr vysshej shkoly), Rostov n/D, 1991. 46 p.



6. Turk G.G., Bepalov V.I. *Materialy mezhdunar. nauchno-prakt. konf. 2019.* Ufa: «Materialy i metody innovacionnyh nauchno-prakticheskikh issledovanij i razrabotok, 2019 (g. Kirov) ». Ufa: OMEGA SCIENCE, 2019. pp. 18-19.
7. Novgorodskij E.E., Trubnikov A.A. *Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №3.* URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/961
8. Turk G.G. *Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy vnedreniya rezul'tatov nauchnyh issledovanij i puti ih resheniya» (Tyumen', 07.09.2020).* Ufa: Omega Science, 2020. pp. 27-31.
9. Bogomolov A., Sergina N., Kondratenko T. *2nd international conference on industrial engineering, ICIE, Chelyabinsk, 2016.* pp. 2036-2041.
10. Lapshyn O.O., Shapovalov V.A., Khudyk M.V., Shepel O.L. *Naukovij Visnik Nacional'nogo Girnichogo universitetu. 2018. № 2.* pp. 101-106.