

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

doi: 10.51639/2713-0568_2021_1_4_22

УДК 681.5.08

ГРНТИ 29.31.29

Контроль параметров взвешенных частиц и обнаружение сверхнормативных выбросов с помощью автоматизированной лазерной системы непрерывного контроля аэрозольных выбросов цементного производства

* Веденин Е. И., Дьяченко В. В., Чартий П. В.

353900, Россия, Новороссийск, ул. Маркса 20
Новороссийский политехнический институт КубГТУ

e-mail: * svetokdojdei@mail.ru

В соответствие с действующим природоохранным законодательством предприятия по производству цемента обязаны осуществлять непрерывный автоматический контроль выбросов загрязняющих веществ, в перечень которых входят взвешенные частицы. Осуществлять контроль взвешенных частиц возможно лазерными системами на основе метода дифференциального ослабления, которые имеют ряд преимуществ в сравнении с системами на основе других существующих методов. В качестве системы непрерывного контроля взвешенных частиц предлагается использовать лазерную систему на основе метода дифференциального ослабления на трёх длинах волн. Применение такой системы позволяет определять сверхнормативные аэрозольные выбросы в результате отказов пылегазоочистного оборудования на ранних этапах их формирования, точнее рассчитывать рассеивание взвешенных частиц в атмосфере, что приводит к сокращению загрязнения окружающей среды и уменьшению экономических потерь в сравнении с другими системами. В работе рассмотрен алгоритм обработки цифровых сигналов в рассмотренной лазерной системе, позволяющий рассчитывать средний объёмно-поверхностный диаметр и массовую концентрацию аэрозольных частиц и обнаруживать сверхнормативные аэрозольные выбросы.

Ключевые слова: взвешенные частицы, аэрозольные выбросы, лазерная система контроля, выбросы цементного производства.

Согласно [1, 2] юридические лица, которые осуществляют деятельность на объектах I категории негативного воздействия на окружающую среду (далее НВОС), обязаны оснастить стационарные источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух средствами автоматического контроля. К объектам первой категории согласно [3] относятся предприятия по производству цементного клинкера во вращающихся печах или в других печах (с проектной мощностью 500 тонн в сутки и более).

Согласно [4] типовая автоматизированная система для контроля промышленных выбросов состоит из:

- комплекса средств измерений (измерительных каналов), включающего измерительные газоаналитические каналы (для измерения содержания загрязняющих веществ, содержания кислорода, диоксида углерода), измерительный канал взвешенных (твёрдых)

частиц (для измерения содержания взвешенных (твёрдых) частиц), измерительные каналы параметров газового потока (для измерения температуры, давления, скорости, влажности); - технических средств фиксации и передачи информации, включающих контроллер, специализированное ПО и АРМ оператора системы.

Согласно [5] на предприятиях по производству цемента непрерывному производственному контролю подлежат следующие загрязняющие вещества: взвешенные вещества (пыль), NO₂, NO, CO.

В качестве средства измерения (измерительного канала) взвешенных частиц возможно использовать системы контроля на основе лазерных методов. Согласно [5] для автоматического непрерывного измерения массовой концентрации ЗВ используют газоанализаторы, при использовании которых отсутствует необходимость в пробоотборе, транспортировании и подготовке пробы. Системы контроля на основе лазерных методов соответствуют указанным требованиям. Кроме того, лазерные методы имеют ряд преимуществ перед другими известными методами контроля взвешенных частиц (высокая точность измерения, большая дальность действия, высокая защищенность от помех при измерении, возможность исследовать потоки с высокой оптической плотностью, перспектива развития лазерной техники).

Среди лазерных методов контроля для измерения концентрации взвешенных частиц подходят методы решения обратной задачи. В указанных методах лазерное зондирование осуществляется под различными углами наблюдения (методом обратного рассеяния (угол наблюдения 180°), методом малых углов (угол наблюдения $\approx 0^\circ$), методом интегрального светорассеяния (угол наблюдения 0...180°)).

В цементном производстве технологические газопылевые потоки последовательно проходят несколько ступеней очистки. При этом каждая ступень играет роль аэродинамического классификатора. Поэтому эффективное применение лазерных методов зондирования таких потоков требует использовать одновременно несколько длин волн лазерного излучения [6]. У лазерных систем на основе метода дифференциального ослабления есть ряд преимуществ, среди которых: техническая реализация и юстировка систем отличается относительной простотой; возможность зондирования высокотемпературных аэрозольных потоков большой оптической плотности; малочувствительны к вибрациям. Таким образом, лазерные системы на основе дифференциального ослабления имеют преимущества перед системами контроля взвешенных частиц других типов и позволяют контролировать аэрозольные потоки на выходе систем пылегазоочистки [10–13].

В качестве системы непрерывного контроля аэрозольных выбросов цементного производства нами предлагается использовать лазерную систему на основе метода дифференциального ослабления на трёх длинах волн.

Структурная схема системы непрерывного контроля аэрозольных выбросов на основе метода дифференциального ослабления на трёх длинах волн представлена на рис. 1.

Рассмотрим устройство и принцип действия системы непрерывного контроля аэрозольных выбросов на основе метода дифференциального ослабления на трёх длинах волн. Лазеры 1 генерируют лазерное излучение интенсивностью I_0 на трёх разных длинах волн λ_1 , λ_2 и λ_3 , которое, проходя сквозь поток аэрозольных частиц в газопотоке 2, в результате частичного рассеяния ослабляется до значения интенсивности I . Значения интенсивности ослабленного излучения I фиксируются посредством фотоприёмника 3 и в виде электрических сигналов через схему двойного синхронного детектирования 4 передаются на аналого-цифровой преобразователь 5. Схема двойного синхронного детектирования используется для подавления шумов и помех, а также для предотвращения взаимного влияния лазерных сигналов друг на друга. Часть излучения

генерируемого лазерами интенсивностью I_0 посредством светоделительных стёкол отводится на опорный фотоприёмник 7, с выхода которого в виде электрических сигналов проходит через схему двойного синхронного детектирования 8 и поступает на АЦП 5. Поступившие на аналого-цифровой преобразователь 5 электрические сигналы преобразуются посредством АЦП в цифровые сигналы. Цифровые сигналы с АЦП 5 поступают на обработку в ПК 6, где осуществляется расчёт среднего объёмно-поверхностного диаметра d_{32} и массовой концентрации аэрозольных частиц. Для предотвращения запыления оптических окон 9 лазеров и фотоприёмника установлены системы обдува, представляющие из себя фильтр в корпусе 10, в который за счёт разряжения в газоходе через фильтрующие стенки поступает очищенный атмосферный воздух, и соединённый с корпусом фильтра штуцер 11, через который осуществляется обдув оптических окон воздухом.



Рассмотренная лазерная система была отработана на специальном пылевом стенде, построенном в виде замкнутого контура, в котором осуществляется импульсная инжекция аэрозоля в воздушный поток с последующей релаксацией концентрации и распределения аэрозоля во всем объёме [14] и позволяет контролировать массовую концентрацию и средний объёмно-поверхностный диаметр взвешенных частиц [11].

Измерение среднего объёмно-поверхностного диаметра взвешенных частиц позволяет определять сверхнормативные аэрозольные выбросы в результате отказов пылегазоочистного оборудования (далее ПГО) на ранних этапах их формирования. Предотвращение потерь взвешенных частиц на ранних этапах возникновения отказов ПГО позволяет сокращать потери мелкодисперсных частиц, которые в значительной

степени влияют на качество цемента. Контроль дисперсного состава взвешенных частиц даёт возможность обнаружить отказавшую ступень ПГО. Согласно [9] измерение среднего объёмно-поверхностного диаметра позволяет более точно рассчитывать рассеивание взвешенных частиц в атмосфере. Также информация о дисперсном составе взвешенных частиц влияет на плату за негативное воздействие на окружающую среду в соответствии с [7, 9].

В работе [9] проведён сравнительный анализ критериев возникновения сверхнормативных выбросов, среди которых возрастание значения среднего объёмно-поверхностного диаметра частиц, падение перепада давления на последней ступени очистки, возрастание массовой концентрации.

Для оценки эффективности использования изменения среднего объёмно-поверхностного диаметра частиц в качестве критерия возникновения сверхнормативного аэрозольного выброса и возможности сравнения его с другими существующими критериями возникновения таких выбросов введено понятие кратности отказа K – кратности возрастания массовой концентрации аэрозольных частиц на выходе последней ступени очистки во время её отказа по отношению к массовой концентрации на выходе исправной системы очистки [8, 15].

Для определения минимальной кратности, которую позволяет обнаружить изменение среднего объёмно-поверхностного диаметра частиц, сравнивались изменения среднего объёмно-поверхностного диаметра частиц при различных режимах пылегазоочистного оборудования [7] с возрастанием среднего объёмно-поверхностного диаметра при различных кратностях отказа на примере прорыва рукава рукавного фильтра [8, 15].

В [7] была выполнена оценка изменения среднего объёмно-поверхностного диаметра частиц в результате варьирования дисперсного состава цементного аэрозоля, поступающего на очистку, регенерации рукавного фильтра (d_{32} до рег., d_{32} после рег.), колебаний скорости очистки на первой ступени очистки.

Расчитанное значение среднего объёмно-поверхностного диаметра частиц при оценённой кратности отказа $K = 2$ составило $d_{32\text{отказ}} = 0,47$ мкм, это значение превышает d_{32} фильтра в исправном состоянии на 0,05 мкм, а также превышает максимальное значение d_{32} исправной последней ступени очистки с учётом регенерации $d_{32} = 0,42$ мкм [9].

Таким образом, минимальная кратность отказа, которую возможно обнаружить по возрастанию среднего объёмно-поверхностного диаметра частиц $K = 2$.

Для оценки минимальной кратности отказа, которую возможно обнаружить по возрастанию концентрации, сравнивались колебания массовой концентрации до и после регенерации рукавного фильтра с возрастанием концентрации при различных кратностях отказа на примере прорыва рукавного фильтра.

При оценённой кратности отказа равной 4 значение массовой концентрации равно 0,034 г/м³ превышает максимальное значение массовой концентрации после регенерации. Отсюда минимальная кратность отказа, которую позволяет обнаруживать возрастание массовой концентрации $K = 4$.

Для оценки минимальной кратности отказа, которую возможно обнаружить по изменению перепада давления, сравнивались колебания перепада давления на последней ступени очистки, связанные с варьированием скорости очистки на первой ступени с изменением перепада давления при различных кратностях отказа на примере прорыва рукавного фильтра.

По результатам расчётов в [9] гидравлическое сопротивление в результате колебаний скорости очистки изменяется в 1,83 раза. При оценённой кратности отказа 47 гидравлическое сопротивление рукавного фильтра до регенерации падает больше чем в

1,83 раза. Отсюда минимальная кратность отказа, которую позволяет обнаруживать изменение перепада давления $K = 47$.

По результатам сравнительного анализа существующих критериев возникновения сверхнормативных выбросов, проведенных в [8], изменение среднего объёмно-поверхностного диаметра позволяет обнаруживать сверхнормативные аэрозольные выбросы при минимальной кратности отказа в сравнении с существующими критериями возникновения таких выбросов.

Рассмотрим алгоритм обработки цифровых сигналов в системе непрерывного контроля аэрозольных выбросов на основе метода дифференциального ослабления на трех длинах волн, применение которого позволяет рассчитывать средний объёмно-поверхностный диаметр и массовую концентрацию аэрозольных частиц и обнаруживать сверхнормативные аэрозольные выбросы.

Перед началом измерений для обработки цифровых сигналов осуществляются калибровочные измерения с целью вычисления используемых в расчётах констант (k – коэффициент ослабления, l – оптическая длина зондирования, м), рассчитываются функциональные зависимости $F(d_{32})$ (зависимость d_{32} от усредненного фактора эффективности \bar{Q}_i) для каждой длины волны, на которой будут осуществляться измерения, вносятся пороговые значения массовой концентрации и среднего объёмно-поверхностного диаметра, превышение которых сигнализирует о возникновении сверхнормативного выброса.

Алгоритм обработки цифровых сигналов представлен на рис. 2. Сигналы ослабленного излучения U_i и опорный U_{0i} через интерфейс USB поступают в ПК. В ПК осуществляется непрерывная запись сигналов U_i, U_{0i} с помощью программы.

По записанным сигналам вычисляются значения оптической плотности для трех длин волн по формуле:

$$\tau_{\lambda i} = \ln \frac{U_{0i}}{U_i}. \quad (1)$$

По рассчитанным значениям оптической плотности параллельно осуществляются расчёт массовой концентрации и определение среднего объёмно-поверхностного диаметра.

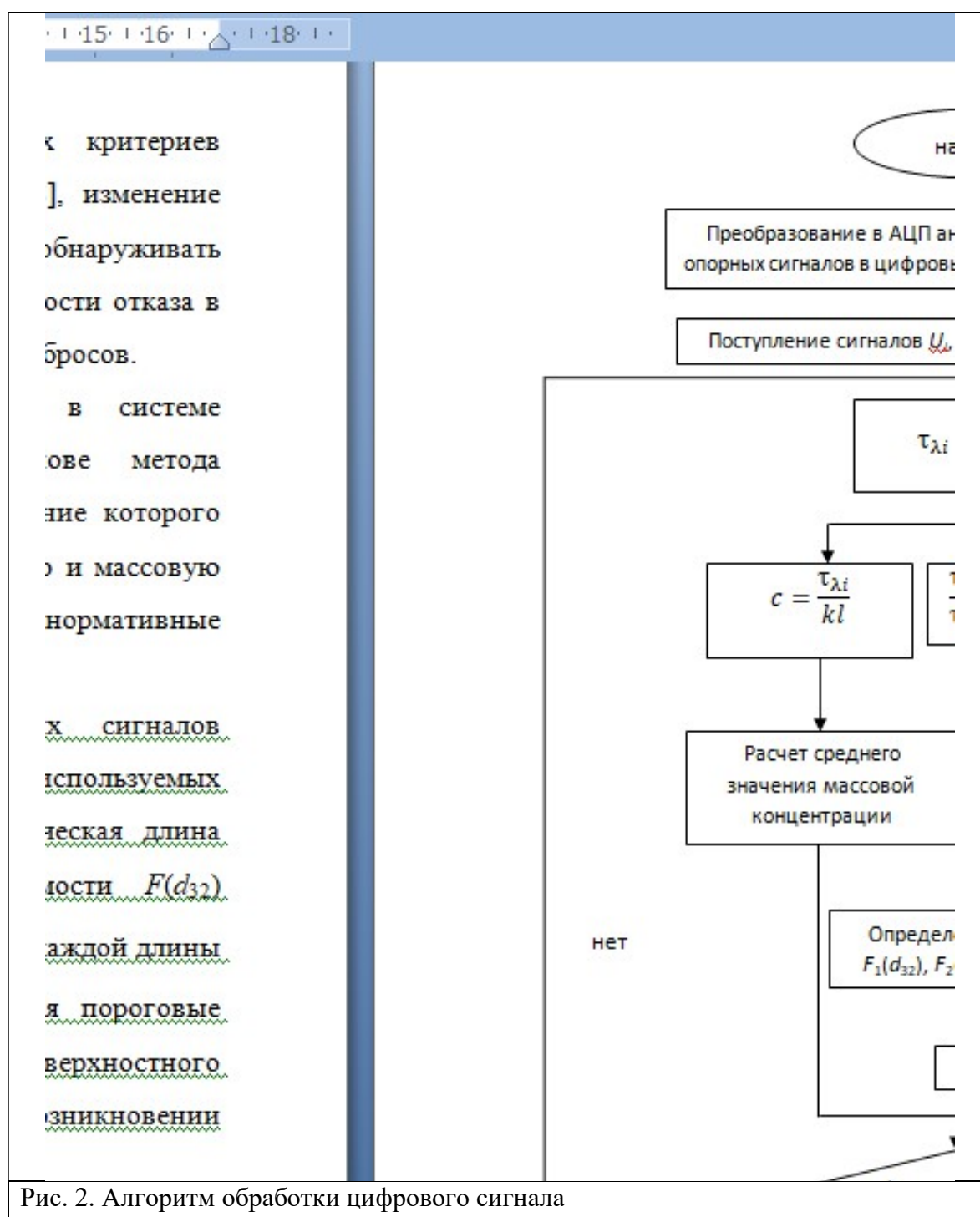
Массовая концентрация вычисляется по формуле:

$$c_i = \frac{\tau_{\lambda i}}{kl}. \quad (2)$$

По рассчитанным значениям массовой концентрации по трём значениям оптической плотности рассчитывается среднее значение массовой концентрации.

Отношение измеренных оптических плотностей на двух длинах волн равно отношению рассчитанных усредненных факторов эффективности ослабления и выражает функцию среднего размера частиц. Таким образом, для определения среднего объёмно-поверхностного диаметра последовательно вычисляются значения функций $F(d_{32})$ по отношениям оптической плотности на трёх длинах волн:

$$\begin{aligned} \frac{\tau_{\lambda 405}}{\tau_{\lambda 65}} &= F_1(d_{32}) \\ \frac{\tau_{\lambda 405}}{\tau_{\lambda 1064}} &= F_2(d_{32}) \\ \frac{\tau_{\lambda 1064}}{\tau_{\lambda 650}} &= F_3(d_{32}) \end{aligned}$$



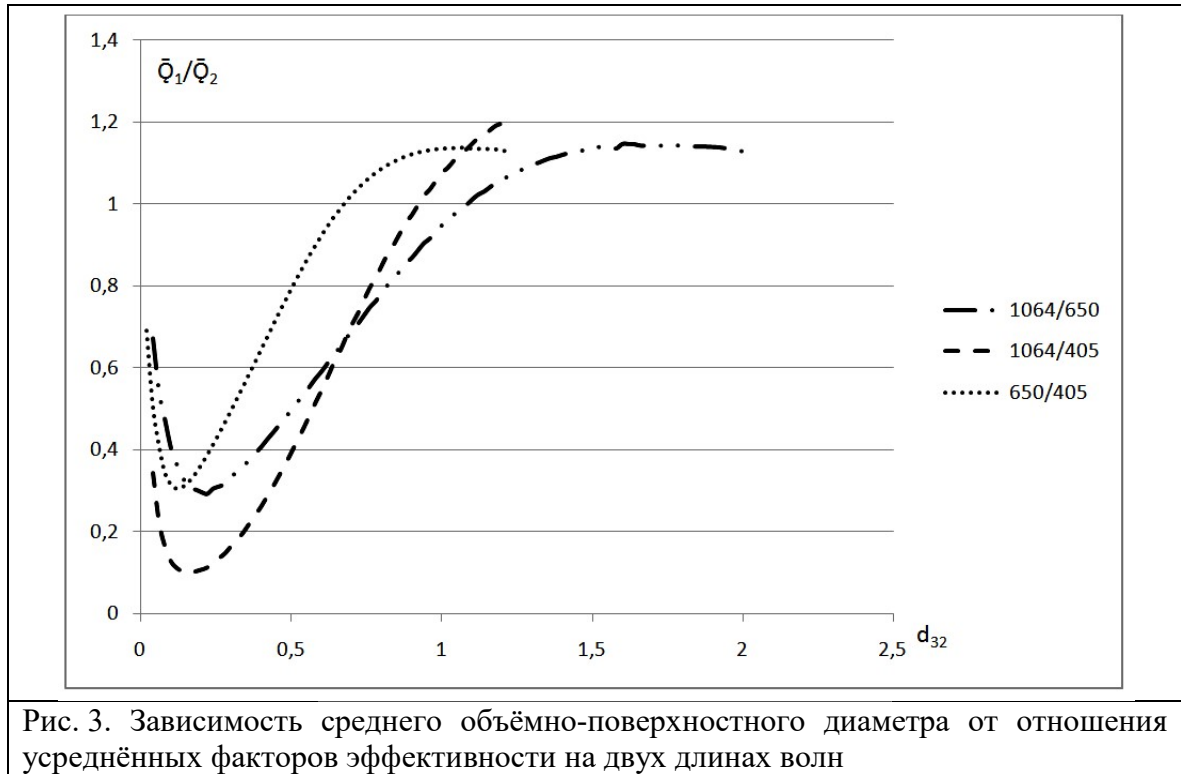
Зависимость среднего объёмно-поверхностного диаметра от отношения усредненных факторов эффективности на двух длинах волн (и соответственно от оптических плотностей на двух длинах волн) представлено на рис. 3.

Затем сравнивают рассчитанные значения $F_1(d_{32})$, $F_2(d_{32})$, $F_3(d_{32})$ между собой.

В случае если $F_1(d_{32}) > F_2(d_{32})$ или $F_1(d_{32}) > F_3(d_{32})$, средний объёмно-поверхностный диаметр определяют по функциям $F_2(d_{32})$, $F_3(d_{32})$. Функция $F_1(d_{32})$ не может учитываться для определения среднего объёмно-поверхностного диаметра при таких условиях, так как в этом случае согласно кривым функций зависимости отношений усреднённых факторов

эффективности от среднего объёмно-поверхностного диаметра (рис. 3) значение функции $F_1(d_{32})$ попадает в область, не позволяющую достоверно оценить значение d_{32} .

Если описанное выше условие не выполняется, определение среднего объёмно-поверхностного диаметра ведётся по функциям $F_1(d_{32})$, $F_2(d_{32})$, $F_3(d_{32})$.



Определение среднего объёмно-поверхностного диаметра осуществляется путём выбора значения d_{32} , соответствующего рассчитанному значению $F_i(d_{32})$ из внесённого в ПК массива значений $f_i(d_{32})$ рассчитанных для длин волн, на которых осуществляется измерение и соответствующих им значений d_{32} .

По рассчитанным значениям среднего объёмно-поверхностного диаметра по трём (двум) значениям функций $F_i(d_{32})$ рассчитывается среднее значение d_{32} .

Рассчитанные значения массовой концентрации и измеренные значения среднего объёмно-поверхностного диаметра в реальном времени сравниваются с установленными пороговыми значениями, позволяющими определить отказ системы пылегазоочистки.

Если значение среднего объёмно-поверхностного диаметра превышает максимальное значение среднего объёмно-поверхностного диаметра до регенерации рукавного фильтра d_{32} до рег. max = 0,46 мкм ($d_{32} > 0,46$ мкм), происходит оценка, превышает ли значение массовой концентрации максимальное значение массовой концентрации после регенерации $c > c$ после рег. max. Если превышение $c > c$ после рег. max не происходит, то подаётся сигнал об отказе системы пылегазоочистки небольшой кратностью $2 < K < 4$. В случае превышения массовой концентрации максимального значения массовой концентрации после регенерации оценивается, выполняется ли превышение среднего объёмно-поверхностного диаметра значения d_{32} при кратности отказа $K = 4$ ($d_{32} > 0,54$ мкм). Если превышение $d_{32} > 0,54$ мкм наблюдается, подаётся сигнал о возникновении отказа кратностью $K > 4$. Если превышения $d_{32} > 0,54$ мкм не происходит, подаётся сигнал об износе рукавного фильтра, так как критерием обнаружения минимальной кратности отказа и износа рукавного фильтра по возрастанию массовой концентрации является

выполнение условия $c > c_{\text{после рег. max}}$, при этом минимальной кратности отказа, которую позволят обнаруживать возрастание массовой концентрации ($K = 4$) соответствует значение $d_{32} > 0,54$ мкм, минимальному износу, который позволяет обнаруживать массовая концентрация (при снижении степени очистки на 0,6 %) значение $d_{32} > 0,48$ мкм, что меньше 0,54 мкм. Измерения массовой концентрации и среднего объёмно-поверхностного диаметра при этом продолжают для определения момента, когда система пылегазоочистки придёт в исправное состояние, и последующего её контроля.

После получения сигнала об отказе системы пылегазоочистки осуществляются меры по предотвращению поступления сверхнормативных выбросов в атмосферу. Если превышения значений массовой концентрации и среднего объёмно-поверхностного диаметра пороговых значений не наблюдаются, измерения продолжают в штатном режиме.

Все вычисления и операции по обработке сигналов осуществляются непрерывно в реальном времени.

В [9] оценено влияние учёта среднего объёмно-поверхностного диаметра частиц на расчёт рассеивания взвешенных частиц в атмосфере.

Согласно [16] максимальное значение приземной концентрации вредного вещества c_m (мг/м^3) при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при опасной скорости ветра u_m на расстоянии x_m (м) от источника и зависит от безразмерного коэффициента F , учитывающего скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе.

Безразмерный коэффициент F может быть определён двумя способами [16]:

1) для газообразных ЗВ и мелкодисперсных аэрозолей диаметром не более 10 мкм $F = 1$; для аэрозолей (за исключением мелкодисперсных аэрозолей диаметром не более 10 мкм) при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90 % — 2; от 75 до 90 % — 2,5; менее 75 % и при отсутствии очистки — 3.

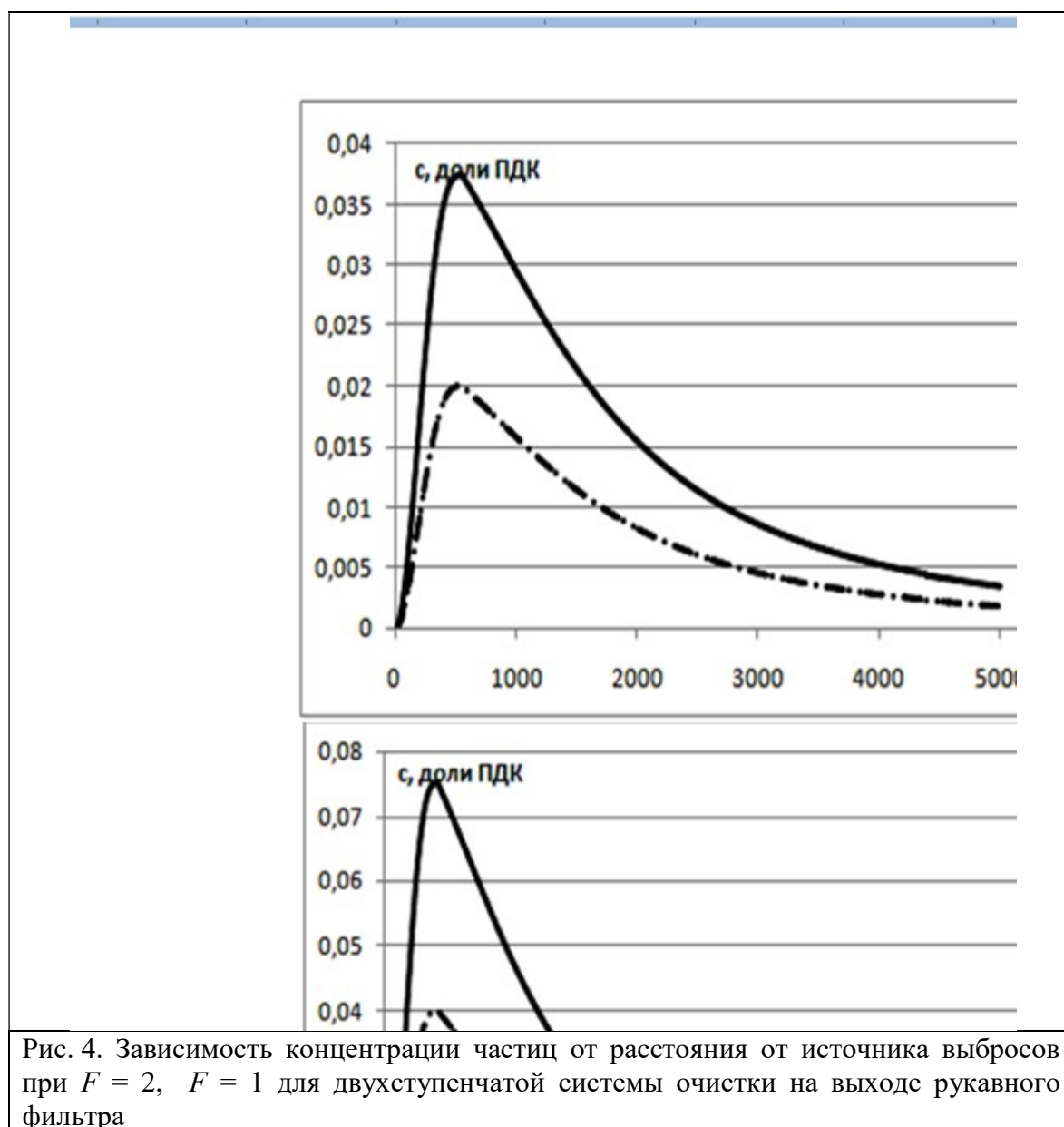
2) при наличии данных инструментальных измерений распределения в выбросе аэрозолей по размерам определяются диаметр d_g , так что масса всех частиц диаметром больше d_g составляет 5 % общей массы частиц, и соответствующая d_g скорость оседания ε (м/с). Значение коэффициента F устанавливается в зависимости от безразмерного отношения ε/u_m . При этом $F = 1$ в случае $\varepsilon/u_m \leq 0,015$ и $F = 1,5$ в случае $0,015 < \varepsilon/u_m \leq 0,030$.

В [16] оценено рассеивание частиц в атмосфере для двух ступенчатой системы очистки, первая ступень которой представлена циклоном, вторая рукавным фильтром без учёта и с учётом дисперсного состава частиц. Без учёта дисперсного состава безразмерный коэффициент $F = 2$, с учётом дисперсного состава $F = 1$. В соответствии с [16] были рассчитаны значения концентрации c (мг/м^3) при значениях расстояния x от 1 до 5000 м при $F = 2$ и $F = 1$. По найденным значениям концентрации c (доли ПДК) построены графики зависимости концентрации c от расстояния от источника выбросов x (рис. 4).

По найденным графикам видно, что зависимость концентрации частиц от расстояния от источника выбросов на выходе рукавного фильтра при $F = 2$ (определено без учёта среднего объёмно-поверхностного диаметра частиц d_{32}) отличается от зависимости концентрации частиц от расстояния от источника выбросов при $F = 1$ (определено с учётом среднего объёмно-поверхностного диаметра частиц d_{32}). Таким образом, учёт среднего объёмно-поверхностного диаметра частиц d_{32} влияет на расчёт рассеивания цементного аэрозоля. Следовательно, учёт среднего объёмно-поверхностного диаметра частиц, измеряемого лазерными методами, позволит более объективно рассчитывать рассеивание взвешенных частиц в атмосфере.

Применение систем на основе многоволнового лазерного зондирования в качестве средства измерения (измерительного канала) взвешенных частиц в автоматизированных

системах контроля экономически выгоднее в сравнении с использованием других измерительных систем.



Измерение среднего объёмно-поверхностного диаметра путём многоволнового лазерного зондирования позволяет осуществить следующие сокращения издержек производства:

- экономия на компенсационных выплатах и штрафных санкциях при аварийных выбросах взвешенных частиц;
- уменьшение издержек от безвозвратных потерь сырья при аварийных выбросах взвешенных частиц;
- сокращение времени простоя технологического оборудования, вызванного диагностикой ПГО при отказах;
- экономия при плате за негативное воздействие на окружающую среду;

- экономия на природоохранных мероприятиях и возможность увеличения объемов производства без превышения значений предельно-допустимых концентраций на нормируемых территориях.

Таким образом, лазерная система на трех длинах волн позволяет уменьшать погрешности измерения массовой концентрации и среднего объемно-поверхностного диаметра частиц, что позволит уменьшить негативное воздействие на окружающую среду и сократить издержки производства.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами, на момент подачи статьи в редакцию журнала, и им ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

Список литературы

1. Федеральный закон от 21 июля 2014 г. N 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Федеральный закон от 31.07.2020 N 252-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об обществах с ограниченной ответственностью» в части совершенствования процедуры внесения в единый государственный реестр юридических лиц сведений о выходе участника общества с ограниченной ответственностью из общества».
3. Постановление Правительства РФ от 28 сентября 2015 г. N 1029 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».
4. ГОСТ Р 8.958-2019 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Наилучшие доступные технологии. Автоматические измерительные системы для контроля вредных промышленных выбросов. Методы и средства испытаний.
5. ГОСТ Р 56828.45-2019 Наилучшие доступные технологии. Производство цемента. Производственный экологический контроль.
6. Chartyi P. V., Privalov V. E., Shemanin V. G. [Nano-and micropowder laser multy wavelengths sensing and aerodynamic classification](#) // [Key Engineering Materials](#). 2010. Т. 437. С. 571–574.
7. Чартий П. В., Шеманин В. Г., Веденин Е. И., Половченко С. В. Функции распределения частиц по размерам при различных режимах работы пылеулавливающего оборудования // *Безопасность в техносфере*. 2016. Т. 5. № 1. С. 41–47.
8. Чартий П. В., Шеманин В. Г., Веденин Е. И. Лазерная система предупреждения аэрозольных выбросов // *Безопасность в техносфере*. 2014. Т. 3. № 5. С. 25–31.
9. Веденин Е. И., Дьяченко В. В., Чартий П. В., Шеманин В. Г. Лазерный контроль среднего объемно-поверхностного диаметра частиц для оценки параметров аэрозольного загрязнения атмосферы // *Безопасность в техносфере*. 2017. Т. 6. № 6. С. 3–11.
10. Веденин Е. И., Чартий П. В., Шеманин В. Г. Лазерная система предупреждения аварийных выбросов промышленных аэрозолей в атмосферу // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2013. Т. 56. № 8-3. С. 278–280.
11. Веденин Е. И., Шеманин В. Г., Чартий П. В. Устройство контроля параметров аэрозольных потоков // Патент на полезную модель RU 159104 U1, 27.01.2016. Заявка № 2015119092/28 от 20.05.2015.

12. Веденин Е. И., Половченко С. В., Роговский В. В., Чартий П. В. Исследование времени стабилизации модельных аэродисперсных потоков после импульсной инъекции аэрозоля // В сборнике: Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы. Сборник докладов XIX Международного симпозиума. 2013. С. 82–85.
13. Шеманин В. Г., Дьяченко В. В., Роговский В. В., Половченко С. В., Веденин Е. И., Каунов В. С., Чартий П. В. Разработка научных основ и методов лазерного мониторинга загрязнения окружающей среды // Отчёт о НИР (Кубанский государственный технологический университет).
14. Половченко С. В., Роговский В. В., Чартий П. В., Шеманин В. Г. Лазерная диагностика релаксационных аэродисперсных потоков // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 2. С. 41–43.
15. Веденин Е. И., Чартий П. В., Шеманин В. Г. Лазерная система мониторинга аэрозольных выбросов в атмосферу // В сборнике: Лазеры. Измерения. Информация. труды конференции. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. 2014. С. 98–99.
16. Методы расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе утв. Приказом Минприроды России № 273 от 06.06.2017 г.

Controlling the parameters of suspended particles and detecting excess emissions using an automated laser system for continuous monitoring of aerosol emissions from cement production

* Vedenin E. I., Dyachenko V. V., Charty P. V.

*353900, Russia, Novorossiysk, st. Marx 20
Novorossiysk Polytechnic Institute KubGTU*

In accordance with the current environmental legislation, cement production enterprises are obliged to carry out continuous automatic control of pollutant emissions, the list of which includes suspended particles. Controlling suspended particles is possible with laser systems based on the differential attenuation method, which have a number of advantages over systems based on other existing methods. As a system for continuous monitoring of suspended particles, it is proposed to use a laser system based on the method of differential attenuation at three wavelengths. The use of such a system makes it possible to determine excess aerosol emissions as a result of failures of dust and gas cleaning equipment at the early stages of their formation, to more accurately calculate the dispersion of suspended particles in the atmosphere, which leads to a reduction in environmental pollution and a decrease in economic losses in comparison with other systems. The paper considers an algorithm for processing digital signals in the considered laser system, which allows calculating the average volume-surface diameter and mass concentration of aerosol particles and detecting over-norm aerosol emissions.

Key words: particulate matter, aerosol emissions, laser control system, cement production emissions.