

УДК 614.715; 504.064

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К УЧЁТУ СКОРОСТИ ОСЕДАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПЫЛЕВЫХ ФРАКЦИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ОЦЕНКИ ЭКСПОЗИЦИИ НАСЕЛЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

© 2012 И.В. Май^{1,2}, А.А. Макс¹, С.Ю. Загороднов¹, В.М. Чигвинцев¹

¹ Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, г. Пермь

² Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Поступила в редакцию 09.10.2012

В статье предложен метод по уточнению значений коэффициента скорости оседания твердых частиц в зависимости от их размера и формы. Представлены примеры расчётов экспозиции населения мелкодисперсными частицами.

Ключевые слова: коэффициент оседания, дисперсный состав, скорость оседания, расчёты рассеивания

При проведении расчетной оценки экспозиции населения твердыми компонентами выбросов в соответствии с действующей в Российской Федерации «Методикой расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86) одним из параметров расчета является безразмерный коэффициент скорости оседания частиц (F) [1]. Скорость оседания частиц зависит как от свойств частиц (размер, форма), так и от свойств среды, в которой частицы осаждаются. Соответственно установление значения коэффициента F в зависимости от размера частиц пылевых выбросов, позволяет более точно оценить значения формируемых максимальных концентраций.

Материалы и методы. Учёт скорости оседания частиц при проведении расчётов рассеивания основан на положениях ОНД-86, где рассматриваются два подхода к определению безразмерного коэффициента F для пылевых выбросов:

– при отсутствии данных о дисперсном составе выбросов значение коэффициента F принимается по среднему значению эксплуатационной степени очистки. В случае тонкой очистки выбросов (средний эксплуатационный коэффициент

очистки не менее 90%) значение коэффициента F равно 2; при средней очистке (средний эксплуатационный коэффициент очистки от 75 до 90%) $F=2,5$; при грубой очистке (средний эксплуатационный коэффициент очистки менее 75%) и при отсутствии очистки $F=3$. Кроме того, в ОНД-86 рассматриваются некоторые частные случаи, когда $F=3$. Как показывает практика, в большинстве случаев при установлении значения коэффициента F руководствуются именно этим подходом.

– при установленном дисперсном составе выбросов значение коэффициента F устанавливается в зависимости от безразмерного отношения A (1):

$$F = v_g / u_M \quad (1)$$

где v_g (м/с) – скорость оседания, которая соответствует скорости оседания частиц с диаметром d_g при условии, что масса всех частиц с диаметром больше d_g , составляет 5% общей массы частиц; u_M (м/с) – опасная скорость ветра (определяется расчётным путём в соответствии с п. 2.9 ОНД-86 или по результатам расчётов при определении максимальных приземных концентраций с использованием унифицированных программ расчёта загрязнения атмосферы (УПРЗА), реализующих положения ОНД-86).

В условиях свободного падения скорость движения частиц постоянна, при этом аэродинамическое сопротивление, действующее на частицу, становится равным её массе. Если выбираемая газовоздушная смесь состоит из мелких частиц, сопоставимых по размерам с длиной

Май Ирина Владиславовна, доктор биологических наук, профессор. E-mail: may@fcrisk.ru

Макс Анастасия Александровна, научный сотрудник. E-mail: a.maks@fcrisk.ru

Загороднов Сергей Юрьевич, научный сотрудник. E-mail: zagorodnov@fcrisk.ru

Чигвинцев Владимир Михайлович, научный сотрудник. E-mail: cvm@fcrisk.ru

свободного пробега молекул газа, то взаимодействие с этими молекулами приводит к броуновскому движению, которое накладывается на процесс осаждения, приводя к смещению (витаению) частиц. По имеющимся зависимостям в работах авторов А.Г. Ветошкин, К.Р. Таранцев, А.Я. Корольченко [2, 4] определены скорости осаждения частиц различных размеров и их смещение при броуновском движении. Авторами отмечается, что скорость осаждения и величина броуновского движения соизмеримы для частиц с размерами примерно 0,5 мкм и меньше. С уменьшением размера частиц скорость осаждения резко снижается и возрастает броуновское смещение. Поэтому высокодисперсные частицы газовоздушных смесей практически не осаждаются, а благодаря броуновскому движению перемещаются в любом направлении (витают). Скорость осаждения частицы сферической формы в области действия закона Стокса определяется по формуле (2):

$$v_g' = \frac{10^{-8} * d_g^2 * \rho * g}{18 * \mu} \quad (2)$$

где v_g' , см/с – скорость осаждения частиц (v_g , м/с = $v_g' * 10^{-2}$); $g = 981$ см/с² – ускорение силы тяжести; d_g , мкм – диаметр частиц; ρ , г/см³ – плотность частиц; μ , г/см*с – динамическая вязкость среды.

При расчете скорости осаждения частицы, плотностью воздуха пренебрегаем. Динамическая вязкость воздуха (μ) определяется по формуле (3):

$$\mu = 1.75 * 10^{-4} * \frac{(273 + t)^{0.683}}{273^{0.683}} \quad (3)$$

где t , °C – температура газа. Тогда формула (2) приобретает вид (4):

$$v_g' = \frac{1.46 * 10^{-4} * d^2 * \rho * g}{(273 + t)^{0.683}} \quad (4)$$

Как показывают натурные исследования [5, 6] зачастую пылевые частицы промышленных выбросов имеют форму, отличную от шарообразной. Для учёта формы частиц в формулу, описывающую закон Стокса вводится эквивалентный диаметр ($d_{эке}$), который определяется через коэффициент χ (табл. 1).

В соответствии с п. 2.5 ОНД-86 исходя из соотношения v_g/u_m принимаются следующие значения коэффициента F (табл. 2).

Таблица 1. Значение коэффициента χ для частиц различной формы

Форма частиц	Значение χ
шаровая	1
округлённая с неровной поверхностью	2,4
продолговатая	3
пластинчатая	5
для смешанных тел	2,9

Таблица 2. Значения коэффициента F в зависимости от параметров

Параметр v_g/u_m	Коэффициент оседания F
$\leq 0,015$	1,0
$0,015 < v_g/u_m \leq 0,03$	1,5
$> 0,03$	2,0-3,0 с учетом степени очистки

В силу неоднородности распределения частиц выбросов различных производственных процессов по фракциям и различную скорость оседания частиц разных размеров и формы рекомендуется конкретизировать значения коэффициента F для различных значений соотношения v_g/u_m , что позволит более достоверно определять значения приземных концентраций частиц различных размеров при проведении расчетов. Устанавливать значение коэффициента F в зависимости от соотношения v_g/u_m рекомендуется с использованием графика, представленного на рис. 1.

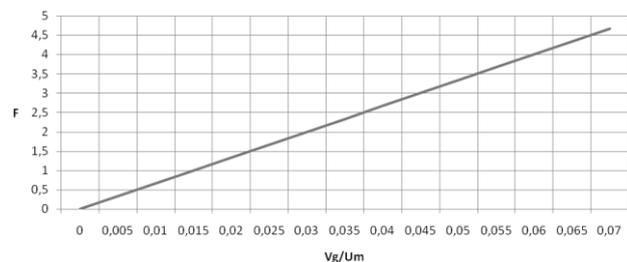


Рис. 1. График зависимости коэффициента F от соотношения v_g/u_m

Представленный график описывается

уравнением: $F = \frac{v_g}{u_m} * 66,6$ (6). В случае, если установленное значение коэффициента $F < 1$ – при определении максимальных приземных концентраций принимаем $F = 1$. Если установленное значение коэффициента $F > 3$ – при определении максимальных приземных концентраций принимаем $F = 3$.

Полученные результаты. Появление данных о дисперсном составе выбросов повышает требования к последующему использованию этой информации [5, 6]. Предложенные подходы были апробированы на примере оценки загрязнения от

Выводы: предложенные подходы, основанные на установлении физически обоснованного коэффициента оседания пылевых частиц разных фракций, позволяют повысить корректность оценки приземных концентраций твердых веществ, в том числе размерами менее 10 мкм (PM10) при проведении расчетов рассеивания примесей в выбросах промышленных предприятий. Качественная оценка загрязнения в свою очередь является основой снижения неопределенностей при оценке экспозиции и рисков для здоровья населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ОНД-86 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Общесоюзный нормативный документ / ГГО им. Воейкова. – Л., 1987. 64 с.
2. Ветошкин, А.Г. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы). Учебное пособие. Под ред. А.Г. Ветошкина / А.Г. Ветошкин, К.Р. Таранцева. – Пенза: Изд-во Пенз. технол. ин-та, 2003. 267 с.
3. Ветошкин, А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. 210 с.
4. Корольченко, А.Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли. – М.: Химия, 1986. 216 с.
5. Май, И.В. Оценка потенциального загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными частицами в зоне расположения машиностроительного предприятия / И.В. Май, С.Ю. Загороднов, А.А. Макс, М.Ю. Загороднов // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2012. №2(6). С. 109-118.
6. Макс, А.А. Количественный анализ компонентного и фракционного состава пылей выбросов машиностроительных производств как основа оценки пылевой экспозиции населения / А.А. Макс, С.Ю. Загороднов, М.Ю. Загороднов // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора: в 2 т. / под общей ред. акад. РАМН Г.Г. Онищенко, акад. Н.В. Зайцевой. 2012. Т. 1. 405 с.
7. Методическое пособие по расчёту, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное). – СПб, 2012. 37 с.

METHODICAL APPROACHES TO THE ACCOUNT OF VARIOUS DUST FRACTIONS LANDING SPEED FOR PROBLEMS OF THE ASSESSMENT OF EXPOSITION ON THE POPULATION BY FINELY DIVIDED PARTICLES

© 2012 I.V. May^{1,2}, A.A. Maks¹, S.Yu. Zagorodnov¹, V.M. Chigvintsev¹

¹ Federal Scientific Center of Medical-preventive Technologies of Management Risks to the Population Health, Perm

² Perm National Research Polytechnical University

In article the method on specification the values of coefficient of firm particles landing speed depending on their size and form is offered. Examples of calculations the exposition on the population by finely divided particles are presented.

Key words: *landing coefficient, disperse structure, landing speed, dispersion calculations*