

Влияние транспортных средств на пылевую обстановку производственных помещений

В.А. Лепихова, Н.В. Ляшенко

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, Новочеркасск*

Аннотация: В статье проведен анализ влияния транспортного средства на воздушной подушке, как источника запыленности, на общую и локальную картину пылевой обстановки в промышленном помещении и оценки значимости прироста концентрации пылевых частиц в пылегазовой среде. Предложена модель измерения запыленности рабочей зоны производственных помещений с использованием специального набора высокочастотных полосовых фильтров и ПЭВМ. Определение запыленности в производственных помещениях осуществляется по полученному спектру акустического сигнала, который представляет собой «частотный портрет» содержания концентрации пылевых частиц в пылегазовой среде.

Ключевые слова: производственные помещения, транспортное средство, концентрация пылевых частиц, измерительный комплекс, ультразвуковой сигнал, спектрограмма запыленности.

Современные процессы реализации новейших точных технологий регламентируют достаточно высокие требования к чистоте газовой среды в производственных помещениях, связанные с долговечностью, надежностью и качеством изделий.

Загрязнение помещений происходит различными путями от различных источников, влияние которых учитывается режимом обеспыливающей вентиляции чистовых помещений [1]. Пыль образуется и внутри самих помещений в результате естественного износа и физико-химического разрушения поверхностей строительных конструкций и оборудования, а также поднимается с поверхности пола воздушными потоками при вентилировании, уборке, движении людей и транспортных средств, одним из которых является транспортное средство на воздушной подушке [2].

Анализ влияния транспортного средства на воздушной подушке, как источника запыленности на общую и локальную картину пылевой обстановки в чистовом помещении и оценка значимости прироста

концентрации пылевых частиц в этой газовой среде составляет цель настоящей работы.

Факторами, влияющими на фоновую запыленность воздуха в чистовом помещении, являются: начальная концентрация частиц пыли C , расход запыленного воздуха Q из источника пыления и кратность воздухообмена k в помещении, а их изменение зависит от технических параметров рабочего процесса транспортного средства на воздушной подушке [3].

При перемещении опоры транспортного средства по поверхности пола расход пылевых частиц в единицу времени $t = 1$ час составит:

$$q_0 = \frac{N}{t} = \frac{\alpha_F \cdot n_0 \cdot b \cdot l}{t}, \text{ 1/ч,}$$

где N – число частиц пыли, перешедшей во взвешенное состояние;

α_F – число отрыва

$$\alpha_F = \frac{N}{N_0};$$

N_0 – начальное количество пылевых частиц на поверхности отрыва;

n_0 – счетная концентрация частиц пыли на поверхности пола:

$$n_0 = \frac{N_0}{S}, \text{ 1/м}^2;$$

S – площадь опоры транспортного средства, м²;

b – ширина поверхности сдува:

$$b = 2 \cdot R \quad (\text{м});$$

R – радиус опорной поверхности (м);

l – путь перемещения транспортного средства (м).

В закрытом помещении объемом W , м³, источник пыли с расходом частиц q_0 , 1/ч, за единицу времени 1 час повысит содержание пылевых частиц в чистом воздухе до уровня:

$$C_0 = \frac{q_0}{W} = \frac{\alpha_F \cdot n_0 \cdot b \cdot l}{W}, 1/\text{м}^3.$$

В помещении с воздухообменом кратности k при тех же условиях содержание пылевых частиц в уносимом воздухе составит:

$$C_i = \frac{q_0}{Wk} = \frac{C_0}{k} = \frac{\alpha_F \cdot n_0 \cdot b \cdot l}{Wk}, 1/\text{м}^3.$$

Для выяснения полной картины пылевой обстановки рассмотрим при различных значениях k случай работающего в чистовом помещении объемом $W = 1 \cdot 10^4 \text{ м}^3$, транспортного средства на воздушной подушке с опорой диаметром $b = 1 \text{ м}$, с суммарным перемещением в течение 1 часа на расстояние $l = 2 \cdot 10^2 \text{ м}$, по поверхности пола с поверхностной концентрацией частиц пыли $n_0 = 10^3 \text{ 1/м}^2$ при коэффициенте отрыва частиц $\alpha_F = 0,5$ и уровне предельно допустимой концентрации частиц в воздухе $C_{\text{ПДК}} = 4 \cdot 10^3 \text{ 1/м}^3$ [4]. Принимая уровень технической значимости прироста запыленности в пределах 1 % от $C_{\text{ПДК}}$, результаты вычислений с учетом перечисленных условий сведем в табл. 1.

Таблица 1

Оценка прироста концентрации частиц пыли C_i при различной кратности воздухообмена k

Кратность, k	Расход источника, q_0	Исходная концентрация C_0	Уносимая концентрация, C_i	Предельно допустимая концентрация, $C_{\text{ПДК}}$	Относительная концентрация $\frac{C_i}{C_{\text{ПДК}}}$	Значимость уровня прироста C_i $\frac{C_i}{C_{\text{ПДК}}} \cdot 100\%$
–	1/ч	1/м ³	1/м ³	1/м ³	–	–
50	1·10 ⁴	10	2·10 ⁻¹	4·10 ³	5·10 ⁻⁵	0,005 % не значимый
100			1·10 ⁻¹		2,5·10 ⁻⁵	0,0025 % не значимый
200			5·10 ⁻²		1,25·10 ⁻⁵	0,00125 % не значимый
300			3,3·10 ⁻³		8,3·10 ⁻⁶	0,00083 % не значимый

Как видно из табл. 1, создаваемый транспортным средством на воздушной подушке прирост запыленности C_i , в рамках указанных значений кратности воздухообмена $k = 50\div 300$ существенно ниже принятого уровня технической значимости 1 % от $C_{\text{ПДК}}$. Такой уровень прироста запыленности практически не влияет на общую картину пылевой обстановки в чистовом помещении и технически пренебрежимо [5].

Рассмотрим более подробно вопрос о значениях локальной избыточной запыленности исходящей струи вблизи опоры транспортного средства в аспекте её влияния на фоновую запыленность воздуха помещения.

Для определения концентрации избыточной запыленности разработана модель, включающая ультразвуковой генератор и активный полосовой фильтр, а также линейный усилитель на аналоговых интегральных микросхемах с блоком интегрирования и ПЭВМ [6]. Принцип работы модели изложен ниже: исследуемая среда (пылегазовый поток) сканируется ультразвуковым сигналом, который рассеивается на частицах пыли в потоке. Полученный сигнал преобразуется на измерительном комплексе с целью выделить информационную составляющую, представленную определёнными частотами. Затем полученный сигнал передается через аналоговый усилитель-ограничитель, и в сформулированном виде проходит на блок интегрирования, где выдает суммарное напряжение, которое пропорционально энергии сигнала за установленное время задержки.

Как можно было понять выше, источником информации в модели служит ультразвуковой сигнал, а точнее его рассеивание на частичках пыли в процессе зондирования пылегазового потока. Его время конечно, а амплитуда ограничена. Одной из важных характеристик является конечная импульсная характеристика (КИХ), которая обеспечивает стабильность результатов анализа и влияет на скорость работы модели, а также от неё зависит физическая реализуемость сигнала [7].

Фильтры должны обладать постоянным групповым временем задержки, для того, чтобы иметь возможность создавать фильтры с требуемой полосой пропускания и произвольной амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ). Это возможно за счёт определённого подбора КИХ. Наилучший результат получается при компьютерной обработке сигнала оконных функций. То есть имеющийся конечный сигнал рассматривается, как часть бесконечной последовательности, при этом интересующий нас сигнал это видимая через окно часть, а остальное принимается за ноль. Применение данного подхода требует некоторых корректировок при обработке разложении спектра [8]. Поскольку оконная функция является одной из переменных в свёртке, то она выбирается такой, чтобы её главный лепесток, которые содержит большую часть энергии окна, позволял быструю реакцию фильтра при временной аппроксимации частотной характеристики.

Практическая реализация обработки акустического спектра осуществляется применением ряда систем цифровых фильтров.

Такие системы фильтров должны быть устойчивы к изменению влажности и температуры, тряске, и прочим негативным воздействиям окружающей среды [9]. Расшифровка и анализ спектрограмм обеспечивается комплексными системами фильтров, обладающих различными характеристиками. Их применение позволяет настраивать выходные амплитудно-частотные характеристики обрабатываемого сигнала.

Таким образом, полученный амплитудно-частотный спектр ультразвукового сигнала представляет собой «частотный портрет» по запыленности в производственных помещениях. Использование математических программ [10] по обработке полученных спектров даст возможность определять концентрацию пылевых частиц в исследуемой пылегазовой среде производственных помещений.

Литература

1. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. М.: Стройиздат, 1978. 145 с.
2. Волков И.Е., Челышев Э.А., Раскатова М.В., Шибитов Д.В. Разработка системы мониторинга показателей микроклимата // Инженерный вестник Дона, 2022, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8030.
3. Иванов О.П., Мальченко В.О. Аэродинамика и вентиляторы. Л.: Машиностроение, 1986. 219 с.
4. Эльтерман В.М. Вентиляция химических производств. М.: Химия, 1980. 284 с.
5. Справочник проектировщика: Вентиляция и кондиционирование воздуха. М.: Стройиздат, 1978. 509 с.
6. Бендат Дж., Пирсол А. Измерения и анализ случайных процессов. М.: Мир, 1974. 463 с.
7. Деч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа. М.: Наука, 1965. 287 с.
8. Лепихова В.А., Ляшенко Н.В., Чибинев Н.Н., Рябоус А.Ю. Система акустического мониторинга в промышленных и экологических технологиях // Безопасность труда в промышленности. 2021. № 3. С. 36-40.
9. Лясин Р.А., Багров В.А., Азарова М.Д. Определение морфологического состава пылевых частиц // Инженерный вестник Дона, 2022, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7771.
10. Лепихова В.А., Ляшенко Н.В., Чибинев Н.Н., Рябоус А.Ю. Инструментальные средства и методы компьютерного мониторинга при переносе пылевых смесей // Безопасность жизнедеятельности. 2019. № 12. С. 47-52.

References.

1. Shepelev I.A. Ajerodinamika vozdushnyh potokov v pomeshhenii [Aerodynamics of air flows in the room]. Moskva: Strojizdat, 1978. 145 p.
2. Volkov I.E., Chelyshev Je.A., Raskatova M.V., Shibitov D.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8030.
3. Ivanov O.P., Mal'chenko V.O. Ajerodinamika i ventiljatory [Aerodynamics and fans]. L.: Mashinostroenie, 1986. 219 p.
4. Jel'terman V.M. Ventiljacija himicheskikh proizvodstv [Ventilation of chemical production facilities]. M.: Himija, 1980. 284 p.
5. Spravochnik proektirovshhika: Ventiljacija i kondicionirovanie vozduha [Designer's Handbook: Ventiljacija i kondicionirovanie vozduha]. M.: Strojizdat, 1978. 509 p.
6. Bendat Dzh., Pirsol A. Izmerenija i analiz sluchajnyh processov [Measurement and analysis of random processes]. M.: Mir, 1974. 463 p.
7. Dech G. Rukovodstvo k prakticheskomu primeneniju preobrazovanija Laplasy [A Guide to the Practical Application of the Laplace Transform]. M.: Nauka, 1965. 287 p.
8. Lepikhova V.A., Lyashenko N.V., Chibinev N.N., Ryabous A.Yu. Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti. 2021. № 3. pp. 36-40.
9. Ljasin R.A., Bagrov V.A., Azarova M.D. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7771.
10. Lepikhova V.A. Lyashenko N.V., Chibinev N.N., Ryabous A.YU. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2019. № 12. pp. 47-52.