Проблемы обеспечения нормируемых условий труда в производстве железобетонных конструкций

*И.И. Евтушенко, А.И. Евтушенко, А.И. Евтушенко*

*Ростовский государственный строительный университет*

Аннотация: Рассматриваются способы борьбы с пылью в производственных помещениях. Анализируются направления повышения эффективности пылеподавления низконапорным орошением. Приводится зависимость для оценки эффективности пылеподавления низконапорным орошением.

**Ключевые слова: з**апыленность, гидрообеспыливание, низконапорное орошение, ороситель, эффективность пылеподавления

Общеизвестно, что в России сборные железобетонные конструкции (стеновые панели, перекрытия, балки и т.д.) находят широкое применение во всех сферах строительства. Вместе с тем, следует отметить, что работающие на предприятиях этой отрасли подвергаются одновременному воздействию различных вредных производственных факторов, в первую очередь шума [1, 2, 3, 4, 5] и пыли [6, 7, 8]. Так, например, по имеющимся данным на участках транспортировки инертных материалов на заводах железобетонных конструкций (ЖБК) запыленность воздуха в рабочей зоне значительно превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) и достигает в среднем 50–300 мг/м3.

Для обеспечения нормируемых параметров воздушной среды производственных помещений при проведении любого технологического процесса должен быть реализован комплекс мероприятий, которые направлены на обеспыливание воздуха, и которые можно разделить на три группы.

Первую группу составляют организационные мероприятия, для которых не требуется создание специальных инженерно-технических систем, и для осуществления которых предусматривается компоновка и организация производственного процесса, рабочих зон и мест, исключающих попадание пыли в зону дыхания человека с учетом эргономических, технологических и других требований. Технические мероприятия – вторая группа – предусматривают создание и применение в произ­водственно-технологическом процессе специальных инженерно-техни­ческих комплексов, задачей которых является поддержание параметров микро­климата и запыленности воздуха в рабочей зоне в пределах санитарно-гигиенических нормативов. Входящие в третью группу организационно-технические мероприятия предполагают совместное применение отдельных элементов из предыдущих двух групп.

Ввиду свойств и особенностей поведения пылевого аэрозоля, харак­теристик производственно-технологического оборудования и требова­ний к размещению рабочих мест ведущая роль в решении задачи снижения пылевого загрязнения воздушной среды отводится техническим мероприятиям, например, применению локализующей вентиляции [9]. Задача локализации пыли средствами вентиляции состоит в укрытии очага пылеобразования и воспрепятствовании прорыву пыли через отверстия и неплотности укрытия, поэтому единственными рациональными укрытиями при интенсивных пылевыделениях являются всевозможные кожухи [9].

В некоторых случаях, например, при наличии протяженных дви­жущихся источников пылевыделения (линии транспортировки и пере­грузки сыпучих материалов), борьба с пылью ведется не только с помощью вентиляции, но и с помощью гидрообеспыливания, т.е. искусственного увлажнения пылящих материалов. При этом следует различать два процесса: первый – увлажнение всей массы материала при поливе его водой из перфорированных труб или с помощью форсунок; второй – локализация пылевого облака за счет коагуляции и естественного осаждения пылевых частиц, достигаемая в результате механического или пневматического распыления воды до мелкодисперсного состояния в зоне пылеобразования [7, 10]. Во втором случае с учетом типа применяемых технических средств и режимов их работы выделяют [9]:

- низконапорное орошение с использованием гидравлических оро­си­телей с рабочим давлением орошающей жидкос­ти перед ними от 0,25 до 2,00 МПа;

- высоконапорное орошение, осуществляемое с помощью прямоточных насадок при рабочем давлении орошающей жид­кости от 7,5 до 20,0 МПа;

- пневмогидроорошение с использованием пневмогидро­оросителей с рабочим давлением орошающей жидкости от 0,45 до 1,0 МПа и сжатого воздуха в качестве дополнительного диспергирующего компонента.

Наиболее простым в эксплуатации, универсальным и распространенным из известных способов гидрообеспыливания является низконапорное орошение.

В общем виде процесс пылеподавления орошением включает три взаимосвязанные стадии [7]: захват и укрупнение пылевых частиц при их смачивании каплями; осаждение полученных агрегатов; связывание уловленной пыли за счет действия адгезионных сил.

Происходящий на первой стадии захват частиц может быть обусловлен инерционным и безинерционным механизмами. Инерционный захват действует в активной зоне факела орошения вблизи распылителя и обусловлен только инерцией движущихся пылевых частиц в окрестности капли при пренебрежимо малом прояв­лении эффекта обтекания. В этом случае исключается влияние внешних сил. Условием инерционного захвата является соотношение    (где  - критерий Стокса, определяющий величину эффекта обтекания). Частицы пыли безынерционно увлекаются потоком воздуха при   , что, как правило, отмечается на отдалении от оросителя. В этом случае пылевая частица, преодолев вязкое сопротивление, может достичь поверхности капли только под действием сил притяжения – электростатического или молекулярного [7].

Очевидно, что наибольшая эффективность пылеподавления при использовании орошения может быть обеспечена при определенном энергетическом состоянии как самих частиц пыли и капель жидкости, так и их поверхностей. С учетом этого определяются два направления для решения вопросов, связанных с повышением эффективности рассматриваемого способа обеспыливания воздушной среды производственных помещений. Первое из них предполагает наиболее полное использование энергообеспеченности процесса посредством минимизации энергопотребления. Второе предусматривает сообщение дополнительной энергии дисперсной системе «пыль-жидкость-воздух» [6].

Для реализации первого направления необходима оптимизация основных параметров орошения, а именно: дисперсность, расход и давление орошающей жидкости; форма и ориентации факела орошения относительно пылевого потока; условия образования внутри­капельной циркуляции жидкости; устойчивость и дробление капель в воздушном потоке.

Как отмечалось выше, процесс орошения является многостадийным, поэтому для оценки его эффективности при низконапорном орошении может быть использовано выражение

$E\_{эф} = \left[1 – \left(1 - E\_{эф 1}\right)\left(1 - E\_{эф 2}\right)\left(1 - E\_{эф 3}\right)\right]B\_{1}$ (1)

где $E\_{эф} $- общая эффективность обеспыливания низконапорным оро­ше­ни­ем; $E\_{эф 1}$ - эффективность захвата пылевых частиц каплями диспер­ги­ро­ван­ной жидкости под действием адгезионных сил; $E\_{эф 2}$ - эф­фек­тивность зах­ва­та­ частиц пыли под действием электростатических сил; $E\_{эф 3}$ - эф­фек­тивность инер­цион­но­го захвата; $B\_{1}$ - поправочный коэффициент, для учета гидро­кинети­ческих свойств материала пылевых частиц относительно вещества оро­ша­ю­щей жидкости.$ $

Подставив в (1) соответствующие зависимости для определения каждой из составляющих выражения, после математических преобразований получим

$$E\_{ф} = \left\{1 - \left[1 – 4,48\left(\frac{B\_{2}}{μ\_{в}v\_{к}D\_{п}^{2}\frac{0,147\left({d\_{с}}/{tg\left({α}/{2}\right)}\right)^{{1}/{2}}}{H\_{н}^{{1}/{3}}}}\right)^{{3}/{2}}\right] ×\right.$$

$$×\left[1 – \right.\left.0,037q\left(\frac{\left({d\_{с}}/{tg\left({α}/{2}\right)}\right)^{{1}/{2}}ρ\_{ж}}{μd\_{с}^{2}H\_{н}^{{5}/{6}}D\_{п}μ\_{в}v\_{к}}\right)\right]×$$

$$×\left.\left(1 - \frac{Stk}{Stk + a\_{1}}\right)\right\}\frac{cosΘ}{cosΘ + {1}/{a\_{1}}} (2)$$

где $D\_{п}$- медианный диаметр пылевых частиц, м; $Θ$ - краевой угол смачивания, град; $H\_{н}^{5/6}- $ давление жидкости перед оросителем, Па; $d\_{с}$ - диаметр сопла оросителя, м; $μ$ - коэффициент расхода сопла оросителя; $α$ - корневой угол раскрытия факела, град; $ρ\_{ж} - $плотность орошающей жидкости, кг/м3; $v\_{к}$ - скорость капли, м/с; $B\_{2}$ - константа межмолекулярного взаимодействия с учетом эффек­та элек­тромагнитного запаздывания, Дж∙м; $μ\_{в}$ - динамическая вязкость воздуха, Па∙с; $q$ - удельная электрозаряженность факела орошения, Кл/кг; $a\_{1}$ - эмпирический коэффициент, определяющий динамические ус­ловия в зоне инерционного захвата.

Зависимость (2), являющаяся результатом предложенного ма­те­матического описания, положена в основу прогноза эффективности процесса обеспыливания низконапорным орошением [7].

Литература

1. Евтушенко И.И., Евтушенко А.И., Евтушенко А.И**.** Повышение эффективности мероприятий охраны труда в производстве железобетонных конструкций // «Инженерный вестник Дона», 2015, №1. URL: ivdon.ru/magazine/ n1y2015/1346.
2. Пушенко С.Л., Волкова Н.Ю. Производственный шум – как элемент профессионального риска на предприятиях стройиндустрии // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4 (часть 1). URL: ivdon.ru/magazine/archive/ n4p1y2012/1075.
3. Евтушенко И.И. К постановке задачи снижения производственного шума формовочных отделений заводов ЖБК // Международная научно-практическая конференция «Строительство-2008». Ростов-на-Дону: Ростовский государственный строительный университет, 2008. С. 131-133.
4. Zeng S. X., Tam V. W. Y., Tam C. M. Towards occupational health and safety systems in the construction industry of China . Safety science. 2008. Т. 46. №. 8. рр. 1155-1168.
5. Steenland K. et al. Dying for work: the magnitude of US mortality from selected causes of death associated with occupation. American journal of industrial medicine. 2003. Т. 43. №. 5. рр. 461-482.
6. Евтушенко И.И., Беспалов В.И. К вопросу взаимосвязи аэро-гидродинамического режима и физико-химических свойств жидкости при обеспыливании ленточных конвейеров орошением // Безопасность жизнедеятельности. **Пром. безопасность и охрана труда.** 2009. №7. С. 18-20.
7. Евтушенко И.И., Беспалов В.И. Прогноз эффективности обеспыливания воздуха рабочих зон орошением // Безопасность жизнедеятельности. **Пром. безопасность и охрана труда.** 2009. №9. С. 2-4.
8. Азаров В.Н. О концентрации и дисперсном состав пыли в воздухе рабочих и обслуживаемых зон предприятий стройиндустрии // Международная конференция «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды». Волгоград, 2003. С. 1-7.
9. Молчанов Б.С., Четков В.А. Проектирование промышленной вентиляции. М.: Стройиздат, 1984. 280 с.
10. Райст П. Аэрозоли. М.: Мир, 1987. 280 с.

References

1. Evtushenko I.I., Evtushenko A.I., Evtushenko A.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2015/1346.
2. Pushenko S.L., Volkova N.Ju. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4, P. 1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/ n4p1y2012/1075.
3. Evtushenko I.I. Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Stroitel'stvo-2010»: trudy (Proc. International Scientific-practifical Symp. “Construction- 2018”). Rostov-on-Don, 2010, pp. 131-133.

 4. Zeng S. X., Tam V. W. Y., Tam C. M. Towards occupational health and safety systems in the construction industry of China. Safety science. 2008. Т. 46. №. 8. рр. 1155-1168.

 5. Steenland K. et al. Dying for work: the magnitude of US mortality from selected causes of death associated with occupation. American journal of industrial medicine. 2003. Т. 43. №. 5. рр. 461-482.

 6. Evtushenko A.I., Bespalov V.I. Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. Promyshlennaja bezopasnost' i ohrana truda. 2009. №7. pp. 18-20.

 7. Evtushenko A.I., Bespalov V.I. Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. Promyshlennaja bezopasnost' i ohrana truda. 2009. №9. pp. 2-4.

 8. Azarov V.N. Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija «Kachestvo vnutrennego vozducha i okruzhajushei sredy»: trudy (Proc. International Scientific Symp. «Indoor air and environmental duality»). Volgograd, 2003. pp. 1-7.

 9. Molchanov B.S., Chetkov V.A. Proektirovanie promyshlennoi ventiljacii [Industrial ventilation projecting]. М.: Strojizdat, 1984. 280 р.

 10. Rajst P. Ajerozoli [Aerosols]. M.: Mir, 1987. 280 p.