

## 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:** запыленность, 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/м<sup>3</sup>.

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 локализирующей 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 прямооточных 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  $Stk \geq 1$  (где  $Stk$  - критерий Стокса, определяющий величину эффекта обтекания). Частицы пыли безынерционно увлекаются потоком воздуха при  $Stk < 1$ , 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

$$E_{\text{эф}} = [1 - (1 - E_{\text{эф}1})(1 - E_{\text{эф}2})(1 - E_{\text{эф}3})]B_1 \quad (1)$$

где  $E_{\text{эф}}$  - общая эффективность обеспыливания низконапорным орошением;  $E_{\text{эф}1}$  - эффективность захвата пылевых частиц каплями диспергированной жидкости под действием адгезионных сил;  $E_{\text{эф}2}$  - эффективность захвата частиц пыли под действием электростатических сил;  $E_{\text{эф}3}$  - эффективность инерционного захвата;  $B_1$  - поправочный коэффициент, для учета гидродинамических свойств материала пылевых частиц относительно вещества орошающей жидкости.

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

$$E_{\text{ф}} = \left\{ 1 - \left[ 1 - 4,48 \left( \frac{B_2}{\mu_{\text{в}} v_{\text{к}} D_{\text{п}}^2 \frac{0,147(d_{\text{с}}/\text{tg}(\alpha/2))^{1/2}}{H_{\text{н}}^{1/3}}} \right)^{3/2} \right] \times \right. \\ \times \left. \left[ 1 - 0,037q \left( \frac{(d_{\text{с}}/\text{tg}(\alpha/2))^{1/2} \rho_{\text{ж}}}{\mu d_{\text{с}}^2 H_{\text{н}}^{5/6} D_{\text{п}} \mu_{\text{в}} v_{\text{к}}} \right) \right] \times \right. \\ \left. \times \left( 1 - \frac{Stk}{Stk + a_1} \right) \right\} \frac{\cos \Theta}{\cos \Theta + 1/a_1} \quad (2)$$

где  $D_{\text{п}}$  - медианный диаметр пылевых частиц, м;  $\Theta$  - краевой угол смачивания, град;  $H_{\text{н}}^{5/6}$  - давление жидкости перед оросителем, Па;  $d_{\text{с}}$  - диаметр сопла

оросителя, м;  $\mu$  - коэффициент расхода сопла оросителя;  $\alpha$  - корневой угол раскрытия факела, град;  $\rho_{ж}$  - плотность орошающей жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $v_k$  - скорость капли, м/с;  $B_2$  - константа межмолекулярного взаимодействия с учетом эффекта электромагнитного запаздывания, Дж·м;  $\mu_v$  - 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. pp. 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. pp. 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-practical 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. pp. 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. pp. 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 ventiljacji [Industrial ventilation projecting]. M.: Strojizdat, 1984. 280 p.
10. Rajst P. Ajerzoli [Aerosols]. M.: Mir, 1987. 280 p.