

## К вопросу исследования путей повышения эффективности пылеподавления орошением

*А.И. Евтушенко, И.И. Евтушенко, С.Л. Нор-Аревян, Я.В. Бельская*

*Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** Воздушная среда рабочих зон предприятий стройиндустрии характеризуется сложными циклами миграции вещества и энергии. Приоритетным направлением исследований является определение объектов взаимодействующих в процессе, как динамических систем. Осуществление производственно-технологических процессов сопровождается применением комплексных мероприятий по обеспечению нормативного уровня ПДК в воздухе.

**Ключевые слова:** Охрана труда, рабочая зона, ЖБК, пылевое загрязнение, воздушная среда, орошающая жидкость, эффективность процесса, ПДК.

Охрана труда выступает как основа изучения конкретных взаимодействий общества с отдельными компонентами и факторами производственной среды в процессе производства [1]. Согласно [2] в сфере охраны труда работающих на предприятиях стройиндустрии выделяют определенные направления исследований проблемы защиты воздуха от загрязнения пылью инертных материалов: аналитико-теоретическое, конструктивно-теоретическое и конструктивно-прикладное.

Воздушная среда производственных цехов промышленных предприятий, характеризуется сложными циклами взаимодействия энергии и вещества [3]. Существенным аспектом подхода к исследованию факторов загрязнения пылью воздушной среды является определение взаимодействующих в этом процессе объектов, как динамической системы.

Проведя анализ [4] можно отметить, что наиболее массивно загрязняется пылью воздух рабочей зоны производственных цехов и площадок складирования материалов предприятий строительной индустрии, металлургической, горнодобывающей и других отраслей промышленности.

Воздух производственной среды, включая воздушный объем производственных помещений и воздушный бассейн производственных

---

площадок представляет наибольший интерес для исследований, так как именно в нем протекают процессы, влияющие на степень загрязнения воздуха - одного из главных источников жизнедеятельности [4]. Для проведения мероприятий, с целью соблюдения санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к качеству воздушной среды рабочей зоны участков транспортировки сыпучих материалов предприятий строительной отрасли, необходимо располагать данными о аэродинамической обстановке в границах источника пыления и в рабочей зоне. Учитывая опыт исследований, осуществление любого производственно-технологического процесса должно сопровождаться обязательным применением совокупностью мероприятий по снижению уровня вредных веществ в воздухе до предельно допустимых концентраций.

В общем виде механизм пылеподавления орошением включает три взаимосвязанные стадии [5]:

- захват и укрупнение пылевых частиц при их поверхностном смачивании каплями;
- осаждение получившихся частиц на поверхность;
- связывание уловленной пыли за счет действия адгезионных сил.

При этом необходимым условием пылеподавления орошением выступает захват пылевых частиц каплями диспергированной жидкости. Стадия захвата может быть обусловлена двумя механизмами: инерционным и безынерционным. Суть инерционного механизма захвата заключается в отсутствии влияния внешних сил и обусловлен только инерцией движущихся пылевых частиц вблизи капли, при малом проявлении эффекта обтекания. Величина эффекта обтекания однозначно определяется критерием Стокса –  $Stk$  [6]. Условие такого захвата выполняется при  $Stk \geq 1$ . Инерционный механизм действует вблизи оросителя, в действующей зоне факела орошения. При отдалении от оросителя, где, как правило,  $Stk < 1$ , частицы

---

пыли, безынерционно увлекаемые воздушным потоком, могут преодолеть сопротивление и достичь поверхности капли лишь благодаря действию молекулярных или электростатических сил взаимного притяжения.

Наибольшая эффективность снижения уровня пыли при орошении достигается в конкретном энергетическом состоянии частиц пыли и поверхности капель. Следует выделить два основных направления при решении задачи повышения эффективности снижения уровня пыли в воздухе рабочей зоны орошением:

1. Использование энергообеспеченности процесса путем минимизирования энергопотребления.
2. Сообщение дисперсной системе «пыль-жидкость-воздух» дополнительной энергии любого из видов.

Первый случай реализуется при оптимизации основных параметров орошения: дисперсности, расхода и давления орошающей жидкости, формы и положения факела орошения относительно пылевого потока, минимального размера улавливаемых частиц пыли, условий образования, внутрикапельной циркуляции жидкости, устойчивости и дробления капель в воздушном потоке. Второй случай наиболее предпочтителен поскольку является результирующим по отношению к предыдущим и непосредственно влияет на управление эффективностью процессу пылеподавления. Вопросы формирования и трансформации капель в факеле орошения, учитывают [7]:

- вид приложения нагрузки, в том числе характер изменения относительных скоростей движения капель;
  - условия деструкции капель при их вторичном дроблении в воздушном потоке;
  - отличие обтекания капель от обтекания твердых тел, явно проявляющееся в пульсациях формы;
-

- зависимость характера процесса захвата от физико-химических свойств жидкости.

Однако, несмотря на углубление представлений о физических основах механизма деформации и дробления капель, технические средства не всегда могут обеспечить факел орошения с заданными качественными и количественными параметрами.

На данном этапе развития науки разработаны способы и устройства пневматического, акустического, электростатического и комбинированного распыливания жидкости. Рассмотренные способы распыливания заслуживают внимания прежде всего с точки зрения использования дополнительных видов энергии, подводимых к дисперсной системе «пыль-жидкость-воздух».

Наложение акустического поля широкой полосы частот всех диапазонов для интенсификации сближения частиц послужило основой гидроакустического способа распыливания [7].

Усиление электрического поля водного аэрозоля способствует повышению эффективности пылеподавления при орошении. Исследования показали, что жидкость способна генерировать заряды и зависит это от наличия в ней различных примесей и добавок химических веществ [8].

Изменения физико-химических свойств орошающей жидкости наблюдается при воздействии на жидкость электромагнитного поля (эффект омагничивания) результирующим является повышение эффективности процесса пылеподавления [9]. Пространственная перестановка молекул  $H_2O$  и растворенных в ней частиц изменяет энергетические параметры жидкостного аэрозоля, причем, тем больше, чем выше концентрация заряженных частиц-ионов.

Учитывая значительное влияние химических добавок на энергетические характеристики, сохраняющиеся, при использовании

---

комбинированных способов орошения, способ повышения эффективности пылеподавления орошением получил наибольшее распространение. Применение добавок химических веществ к орошающей жидкости позволяет увеличить прочность закрепления частиц пыли, ускорить растекание жидкости по поверхности частиц пыли, а также снизить заградительное воздействие ранее осевших на каплю пылинок за счет погружения их в жидкость. В качестве добавок нашли применение высокомолекулярные соединения (ВМС), электролиты, и пр.

Факторами, определяющими повышение эффективности пылеподавления при применении добавок химических веществ, являются: скорость смачивания, поверхностное натяжение, и, краевой угол, а также особенности химической комбинаторики молекул растворов. В случае когда снижается поверхностное натяжение орошающей жидкости увеличивается степень дисперсности факела орошения, улучшается смачивание, увеличивается электрoзаряженность водного аэрозоля, а скорость капель, требуемая для вытеснения газовой пленки с поверхности пылинки уменьшается [7]. Модифицированные использованием химических веществ в качестве добавок физико-химические свойства орошающей жидкости определяют сам характер захвата, в частности, распределение захваченной пыли в объеме капли. Пыль, захваченная каплей воды, остается на ее поверхности, погружаясь лишь на некоторую величину, а пыль, захваченная раствором поверхностно-активных веществ (ПАВ), находится под поверхностным слоем.

В тоже время действие добавок ПАВ в динамических условиях орошения носит концентрационно-временной характер. Объясняется это тем, что формирование и поведение адсорбционных слоев при движении жидкостного аэрозоля обусловлены конечной скоростью достижения адсорбционного равновесия, внутрикапельной циркуляцией жидкости и

---

аэродинамикой обтекания капли воздушным потоком [10]. Последнее накладывает ограничения по целесообразности применения добавок химических веществ при орошении. Их использование увеличивает эффективность пылеподавления лишь при обеспечении режима распространения жидкостного аэрозоля, когда сохраняется стабильная форма капель. а значит проявляется эффект «торможения». При наступлении пульсаций формы имеет место эффект распыла адсорбционного слоя ПАВ, снижение скорости движения капель и в результате снижение эффективности пылеподавления.

Известны различные пути повышения эффективности пылеподавления орошением применяемые в современных проектных решениях. В тоже время, ввиду разнообразия и разнородности параметров, оказывающих непосредственное влияние на эффективность, достижение оптимального значения по каждому из них не представляется возможным. Определение оптимальных режимов орошения должно решаться исходя из конкретных производственно-технологических условий.

Проведенный анализ современного состояния теории и практики обеспыливания воздуха рабочих зон орошением на предприятиях строительного комплекса и других отраслей тяжелой промышленности позволяет сделать следующие выводы: Запыленность воздуха рабочих зон предприятий рассматриваемых отраслей промышленности без применения средств обеспыливания в сотни раз превышает ПДК. Одним из основных способов пылеподавления является гидрообеспыливание орошением, характеризующееся высокой технико-экономической эффективностью и разнообразием режимных параметров практической реализации. Наиболее универсальным и распространенным из известных способов гидрообеспыливания является низконапорное орошение. Процесс орошения является сложным многофакторным процессом взаимодействия

---

составляющих системы "пыль-жидкость-воздух" как между собой, так и с окружающей средой. Наибольшей эффективности пылеподавления при орошении можно достигнуть лишь в определенном энергетическом состоянии частиц пыли, капель и их поверхностей. На практике применяются различные пути повышения эффективности гидрообеспыливания орошением, многообразие которых можно свести к наиболее полному использованию имеющейся энергообеспеченности процесса или сообщение дисперсной системе «пыль-жидкость-воздух» дополнительной энергии какого-либо вида. Имеющиеся теоретические представления о механизмах процесса обеспыливания орошением в настоящее время недостаточно обобщены и слабо увязаны с практикой, прогноз общей эффективности протекания процесса затруднен. Следует отметить, что дальнейшее существенное повышение эффективности гидрообеспыливания орошением возможно на основе исследования взаимозависимости физико-химических и аэрогидродинамических параметров процесса захвата и удаления пыли из воздушного потока каплями диспергированной жидкости и разработке на этой основе рекомендаций по рациональным режимам применения орошения в конкретных производственно-технологических условиях.

### Литература

1. Пушенко С.Л., Волкова Н.Ю. Повышение эффективности системы управления охраны труда на предприятиях стройиндустрии // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1849](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1849).
2. Сергина Н.М. О применении вероятностного подхода для оценки эффективности многоступенчатых систем пылеулавливания // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1866/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1866/).
3. White, R.R. Building the ecological city. - Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2002. – 239p.



4. Коузов П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / 3-е изд. , перераб. – Ленинград : Химия, 1987. 264 с. : ил. С. 18-22.

5. Беспалов В.И., Мещеряков С.В. Теоретические основы описания процесса очистки воздуха от газообразных загрязняющих веществ // БЖД. Охрана труда и окружающей среды. Ростов-н/Д: РГАСХМ, 1999. 254с.

6. Евтушенко И.И. Совершенствование процесса гидрообеспыливания воздуха рабочих зон ленточных конвейеров на предприятиях стройиндустрии: дис. канд. тех. наук: 05.26.01. Ростов-на-Дону, 2010. С.30-31

7. Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling / D. Bruce Turner. – 2000. – 168 p.

8. Нельсон И.А., Сажин П.Д., Щетников Г.А. О пылеподавляющей способности электроразряженного водного аэрозоля // Научн. труды.- 1971.- Вып.12.- С. 158-167.

9. Ярославский З.Я., Долгонос Б.М. Исследование воздействия магнитных полей на воду // Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем.- М.:Цветметинформация, 1971.-С. 51-55.

10. Азаров, В.Н., Кошкарев, С.А., Соломахина, Л. Я. К экспериментальной оценке эффективности аппарата мокрой очистки в системах обеспыливания выбросов от печей обжига керамзита // Инженерный вестник Дона, 2014. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2572.

### References

1. Pushenko S.L., Volkova N.Ju. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1849.

2. Sergina N.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3. URL:ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1866/.



3. White, R.R. Building the ecological city. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2002. 239 p.

4. Kouzov P. A. Osnovy analiza dispersnogo sostava promyshlennyh pylej i izmel'chennyh materialov [Basics of disperse composition of industrial dust and particulate materials]. 3-e izd. , pererab. Leningrad: Himija, 1987. pp. 18-22.

5. Bepalov V.I., Meshcheryakov S.V. Teoreticheskie osnovy opisaniya protsessa ochistki vozdukhа ot gazoobraznykh zagryaznyayushchikh veshchestv [The theoretical basis for the description of the process of air purification from gaseous contaminants]. BZhD. Okhrana truda i okruzhayushchey sredy. Rostov/D: RGASKhM, 1999. 254 p.

6. Evtushenko I.I. Sovershenstvovanie processа gidroobespylivaniya vozduха rabochih zon lentochnyh konvejerov na predpriyatijah strojindustrii: dis. ...kand. teh. nauk: 05.26.01. Rostov-na-Donu, 2010 pp. 30-31

7. Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling. D. Bruce Turner. 2000. 168 p.

8. Nel'son I.A., Sazhin P.D., Shhetnikov G.A. O pylepodavljajushhej sposobnosti jelektrozarjazhennogo vodnogo ajerozolja. Nauchn. trudy. 1971. Vyp.12. pp. 158-167.

9. Jaroslavskij Z.Ja., Dolgonosov B.M. Issledovanie vozdejstvija magnitnyh polej na vodu. Voprosy teorii i praktiki magnitnoj obrabotki vody i vodnyh sistem. M.:Cvetmetinformacija, 1971. pp. 51-55

10. Azarov, V.N., Koshkarev, S.A., Solomahina, L. Ja. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2572](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2572).