

Физические аспекты пылеподавления и распылительные устройства для их реализации

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»*

Произведен анализ одного из наиболее распространенных методов борьбы с пылью, которым является водяное орошение. Рассмотрены физические параметры процесса пылеподавления. Выполнен анализ таких параметров, как размер капель, скорость их движения, форма распыла. Определена зависимость расхода воды от давления. Выбрано устройство, обеспечивающее получение мелкодисперсного водяного факела, которое находит применение в различных областях техники, в том числе ракетостроении, двигателестроении, пожаротушении и т.д.

Ключевые слова: пылеподавляющие устройства, система распыла, орошение, физические параметры.

Эффективность работы пылеподавляющих устройств определяется соответствием их технологических параметров конкретному источнику пылеобразования и оптимальностью работы пылеподавляющих устройств. Особую сложность представляет проблема обеспыливания воздуха в условиях технологических процессов, при которых площадь источника пылевыделения и объёмы запылённого воздуха имеют большие размеры. К таким работам относятся, в частности, работы, связанные с погрузкой и разгрузкой угля. Размер частиц каменноугольной пыли находится в диапазоне от менее 2 мкм до более 100 мкм. С уменьшением размера частиц увеличивается время нахождения их в воздухе. При этом минимальные частицы могут оставаться в воздухе бесконечно долго.

Существуют разнообразные способы подавления пыли [1].

Наиболее распространенным способом является водяное орошение. Это наиболее простой, легко осуществимый и в то же время эффективный метод борьбы с пылью.

Для орошения используются системы распыла. Выбор системы распыла определяет эффективность процесса пылеподавления. Процесс распыла должен обеспечить необходимый размер капель, т.е. поверхность смачивания, скорость соударений и частоту столкновений.

Поверхность смачивания может быть повышена уменьшением диаметра капли и увеличением их количества. Это может быть достигнуто уменьшением поверхностного натяжения. Поверхностное натяжение чистой воды - 72,6 дин/см может быть уменьшено до 28 дин/см добавлением незначительных количеств поверхностно-активных веществ.

Поверхность смачивания может быть увеличена также за счет повышения скорости соударений капель, которая приводит к образованию новых частиц (рис.1). Скорость соударений прямо пропорциональна давлению подачи воды из распыливающего устройства. Из-за диссипативных потерь в турбулентном потоке воздуха скорость движения капель меньше, чем скорость на выходе из сопла распылителя. При этом меньшие капли теряют скорость быстрее, чем большие. Для того, чтобы покрывать большую поверхность, оптимальная скорость

движения для данного диаметра капли и соответственно давление в системе должны определяться в каждом конкретном случае.

На частоту столкновений между частицами пыли и водными капельками влияют следующие три фактора:

- плотность капель или частиц;
- соотношение размера капли и размера частицы;
- наличие электростатических сил.

Рассмотрим каждый из факторов.

Плотность капель или частиц. В благоприятном случае частица пыли должна ударить каплю, захватить частицу и сформировать агломерат [2]. Однако в зависимости от своего размера, траектории и скорости частица пыли при достижении водной капли может быть пронесена мимо капли потоком воздуха. То же самое происходит при недостаточной плотности капель.

Соотношение размера капли и размера частицы. Капли и частицы, близкие по размерам, имеют наибольший шанс на столкновение. Капли или частицы пыли, которые имеют разные размеры, могут никогда не столкнуться, а только пронеситься мимо друг друга.

Электростатические силы. Присутствие одинакового электрического заряда в капле и частице приводит к проскальзыванию частицы мимо капли вследствие действия сил отталкивания. Если частицы имеют противоположный или нейтральный заряд, то эффективность столкновения возрастает.

При разбрызгивании капель в запыленный воздух происходит захват частиц пыли и формируются агломераты. Когда эти скопления становятся слишком тяжелыми, чтобы оставаться в воздухе, они оседают, смачивая при этом насыпной материал. Смоченный насыпной материал уменьшает способность генерировать пыль.

Оптимальным режимом для захвата пыли являются относительная скорость частиц и воды не более 1 м/с и отсутствие сильной турбулентности.

Системы распыла. Частицы пыли должны связываться в воздухе для того, чтобы предотвратить их унос. Важными показателями в организации захвата частицы пыли являются количество капель и их размер, получаемый в процессе распыла. Капли с чистой поверхностью имеют более высокую эффективность сбора для частиц пыли, чем капли, уже содержащие перехваченную частицу. Действие поверхностно-активного вещества заключается в том, что перехваченная частица пыли быстро внедряется во внутренность капли. Следовательно, крупная капля будет более эффективно собирать пыль, чем меньшая капля. Размер капли должен быть также оптимизирован с используемым поверхностно-активным веществом смачивающей системы для эффективного подавления. Для создания тумана главным фактором является обеспечение минимального размера капель [3].

Размер капель определяется средствами распыла, а именно геометрическими и физическими характеристиками распыливающих сопел. Такие показатели, как, например, распределение размеров и скорости капель,

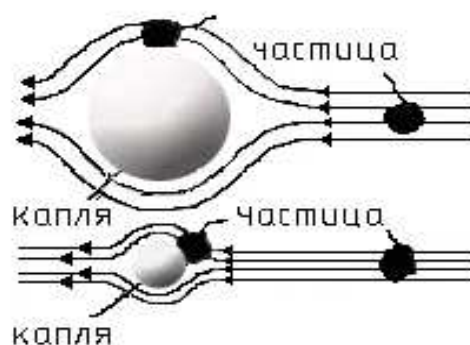


Рис. 1. Схема взаимодействия частиц и капель

дисперсность распыла и угол, скорость воды и давление,- все зависит от выбранного сопла [4, 5, 6]. Следующие параметры служат основными показателями качественного распыла.

Размер капли. Дисперсность распыла является наиболее важным показателем для эффективного пылеулавливания. Размер капли уменьшается с увеличением давления. Для систем подавления пыли рекомендуются крупные капли - 200...500 мкм, а для пыли, переносимой воздухом, требуются капли более мелкие - 10...150 мкм. В однофазных соплах мелкие капли обычно генерируются за счет повышения давления воды. В двухфазных соплах используется сжатый воздух для распыливания воды в требуемом диапазоне размеров капли.

Скорость капли. Высокие скорости капли предпочтительны для эффективного пылеподавления с помощью водяных струй.

Форма распыла. Сопла делятся по форме распыла, который они создают.

Сплошной конус обеспечивает высокую скорость на всей дальности. Такие сопла устанавливаются обычно для обеспечения высокой скорости распыла, когда сопло расположено в отдалении от области подавления пыли.

Полый конус обеспечивает более мелкий распыл. Размер капли обычно меньше, чем при других формах распыла. Такая форма распыла предпочтительна в тех технологических операциях, в которых пыль широко рассеяна.

Плоская струя производит сравнительно большие капли при высоком давлении. Эти сопла предпочтительны для систем подавления мокрой пыли при небольшой дальности.

При сверхтонком распыле производится водяной туман (с распределением размера капли, колеблющегося от субмикронных размеров до микрона). Он применяется для улавливания мелкой пыли в воздухе. Сопла и характер распыла приведены на рис. 2 [4, 5, 6].

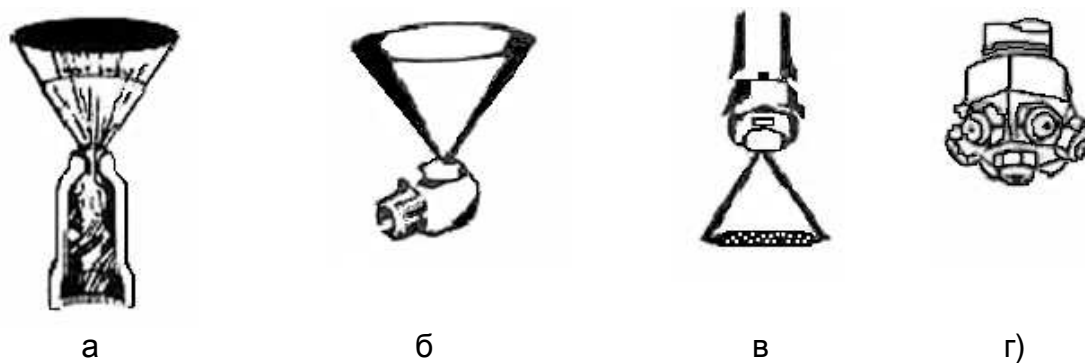


Рис. 2. Сопла и характер распыла:

а - сплошной конус; б - полый конус; в - плоская струя; в - головка для получения водяного тумана

Основные параметры распыла - угол распыла и расход воды - определяются размерами зоны пылеподавления. Исходя из размеров области пылеподавления, угла и формы распыла определяется требуемое количество сопел. Расход воды зависит от давления, как показано на графике, приведенном на рис. 3, и соответствует соотношению:

$$Q = K\sqrt{P},$$

где К - коэффициент производительности; Р - давление, бар; Q - расход, л/мин.

Расход воды зависит от объемов пылеподавления, при этом следует учитывать максимально допустимое потребление воды, не приводящее к увеличению его стоимости.

Расход воды сильно зависит также от размера и типа каменного угля, места размещения и размеров объекта пылеподавления.

Существует и распылительное устройство, обеспечивающее высокую тонкость распыла, называемое атомайзером, вид которого в действии показан на рис. 4. В этом устройстве распыл осуществляется вращающимся цилиндром, в который подается вода по оси вращения. Центробежными силами вода разбрызгивается. Мелкость распыла обеспечивается сеткой, расположенной по образующей цилиндра. Направление движения капель задается вентилятором, расположенным за распылительным устройством [7].

Известны также и другие системы, повышающие тонкость распыла с помощью ультразвука и волновых колебаний в другом диапазоне частот [8].

Устройство системы подавления пыли.

Наиболее типичной системой подавления каменноугольной пыли является система орошения водой, в которую вводятся добавки для улучшения смачиваемости:

Эта система состоит из трех основных частей:

- 1) дозирующего устройства;
- 2) распылительной головки с системой трубопроводов и насосов;
- 3) устройства управления с электрическими системами.

Дозирующее устройство включает в себя питающий водяной насос, насос-дозатор, питающий водяной бак, бак раствора. Вода, необходимая для системы, подается питающим водяным насосом подачи. Добавка в жидком виде подается насосом-дозатором в соответствии с требованиями по пропорции смешивания.

Распылительная головка с трубопроводами и насосной системой содержит насосы раствора, предохранительные клапаны, распылительные сопла и трубопровод. Насосы раствора используются для подачи сжатого раствора, образованного водой и добавками, в распылительные головки.

Устройство управления с электрическими системами содержит датчики, измерительные устройства и панели управления.

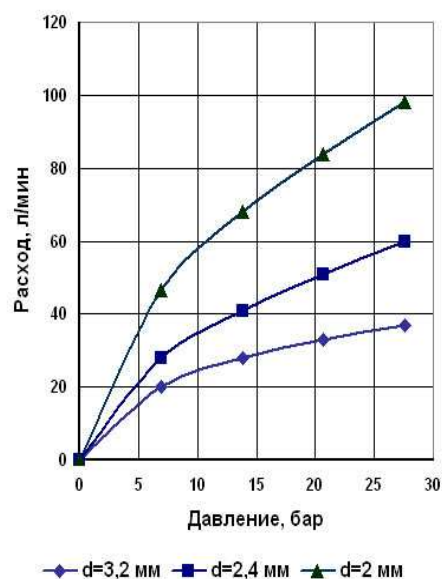


Рис. 3. Зависимости расхода от давления



Рис. 4. Атомайзер в действии

Таким образом, в результате рассмотрения физических аспектов пылеподавления и систем подавления пыли, образующейся при проведении погрузочно-разгрузочных работ каменного угля, можно сделать следующие выводы.

Эффективность пылеподавления в большой степени определяется физическими процессами взаимодействия частиц пыли и каплями воды при наличии веществ, повышающих смачиваемость угля. При этом важными являются размер капель, скорость движения капель, плотность капель и другие параметры, которые могут быть обеспечены правильным выбором и разработкой распылительных устройств. Выбор распылительных устройств осуществляется с учетом формы факела распыла, дальности и дисперсности.

При выборе распылительных устройств, обеспечивающих получение мелкодисперсного факела, целесообразно использование опыта, имеющегося в различных областях техники, в том числе ракетостроении, двигателестроении, пожаротушении, создании фонтанной арматуры и т.д.

Рассмотренные типы распылителей являются наиболее оптимальными для решения поставленной задачи, но в то же время они охватывают не весь спектр возможных распылительных устройств.

Список литературы:

1 Особенности и способы подавления каменноугольной пыли при погрузочно-разгрузочных работах/Н.В. Кобрин // Зб. наук. ст. у 2-х т. Т.2 / УкрНДІЕП. – Х.: Райдер, 2010. –169 - 172 с.

2. Dust Suppression System. Waste & Environmental Technologies Ltd // Режим доступа : [www/ URL: http://www.wastech.com.hk/products/dust_suppression_system.htm](http://www.wastech.com.hk/products/dust_suppression_system.htm) - Загл. с экрана, 2005.

3. Сугак Е.В. Очистка газовых выбросов от высокодисперсных частиц в дисперсионно-кольцевом потоке/ Е.В. Сугак, М.А. Войнов, Н.Ю. Желткова // Химия растительного сырья. - 2000. - №4. – С. 85 - 101.

4. Spray Nozzles. Wilson Spray Nozzle// - Режим доступа: [www/ URL: http://www.wilsonspraynozzle.sg/Spray-nozzles.htm](http://www.wilsonspraynozzle.sg/Spray-nozzles.htm) - Загл. с экрана. – Singapore., 2002.

5. Fireguard high velocity water spray nozzle. Fireguard safety equip co ltd // Режим доступа: [www/ URL: www.fireguard-uk.com](http://www.fireguard-uk.com) - Загл. с экрана.– London United Kingdom. – 2005.

6. Hydraulic Spray Nozzles.The Nozzle Specialists. Technical Projects // Режим доступа: [www/ URL: http:// www.tecpro.com.au](http://www.tecpro.com.au) - Загл. с экрана. – Sydney Australia.– 2008.

7. Dust Control Misting Systems. Probe Industries / Режим доступа: [www/URL: http:// www.probeindustriesusa.com](http://www.probeindustriesusa.com) - Загл. с экрана. – USA. – 2008.

8. Makarand joshi failure of dust suppression systems at coal handling plants of thermal power stations // Режим доступа: [www/ URL: http://www.plant-maintenance.com/articles/dust_suppression.pdf](http://www.plant-maintenance.com/articles/dust_suppression.pdf) - Загл. с экрана. – 2002.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Бетін О.В., Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

Поступила в редакцию 16.12.10

Фізичні аспекти пилозаглушення розпилювальні пристрої для їх реалізації

Зроблено аналіз одного з найбільш поширених методів боротьби з пилом, яким є водяне зрошення. Розглянуто фізичні параметри процесу пилозаглушення. Виконано аналіз таких параметрів, як розмір краплин, швидкість їхнього руху, форма розпилю. Визначено залежність витрати води від тиску. Вибрано пристрій, який забезпечує отримання дрібнодисперсного водяного факела, котрий застосовується в різних галузях техніки, в тому числі ракетобудуванні, двигунобудуванні, пожарогасінні і т.д.

Ключові слова: пилозаглушні пристрої, система розпилю, зрошення, фізичні параметри.

Physical aspects of dust control and spray devices for their realization

The analysis of one of the the most wide-spread methods of the fight with dust, which is a water irrigation was made . Physical parameters of the process suppression of dust were considered. Analysis such parameter as size of the drop, velocity their motion, the form spraying was made. Dependency of the consumption of water from pressure weredetermined. Device providing receptions small dispersion water torchlight, which finds using in different area of the technology, including: construction of the rockets, construction of the engine, stewing of the fire etc was choosen.

Keywords: dust suppression devices, the system of spray irrigation, the physical parameters.