

## **АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕННОГО СПОСОБА ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ВОЗДУХА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

*В.И. Беспалов, О.С. Гурова*

*Ростовский государственный строительный университет*

*В данной статье авторы рассматривают некоторые способы анализа преимуществ реализации пенного способа обеспыливания воздуха на предприятиях строительной отрасли.*

*Ключевые слова: анализ; воздух; загрязнение; строительство; предприятия.*

*In this article authors consider some ways of the analysis of advantages of realization of a foamy way of dust removal of air at the enterprises of construction branch.*

*Key words: analysis; air; pollution; construction; enterprises.*

Производственные процессы на предприятиях строительной индустрии, несмотря на используемые средства очистки воздуха, как правило, сопровождаются повышенным пылеобразованием, что является одним из факторов, отрицательно влияющих на здоровье людей. В связи с этим, решение вопросов снижения загрязнения производственной воздушной среды, разработка и внедрение новых средств обеспечения безопасных и здоровых условий труда на предприятиях различных отраслей промышленности, для которых характерен высокий уровень запыленности воздуха рабочих зон, выдвигается в качестве одной из наиболее актуальных задач в области охраны труда.

Различные виды работ в строительстве и промышленности строительных материалов сопровождаются процессами образования, выделения и распространения пыли, которые приводят к высокому уровню запыленности воздуха рабочих зон внутри производственных помещений и за их пределами. При этом наибольшую опасность представляют тонкодисперсные частицы пыли размерами от 0,3 до 5 мкм.

К наиболее распространенным источникам пылевыведения на строительных предприятиях относят конвейерные линии и узлы перегрузки сыпучих материалов, для обслуживания которых создаются временные и постоянные рабочие места, при этом необходимо учитывать, что рабочие зоны, в которых происходит транспортировка и перегрузка сыпучих материалов, размещаются не только внутри помещений, но и за их пределами.

Для борьбы с пылью разработаны и широко применяются различные методы [1]. Однако, конвейерные линии и узлы перегрузки сыпучих материалов как источники пылевыведения имеют ряд технологических особенностей, которые обуславливают недостаточную эффективность и низкую экономичность применения известных способов и средств борьбы с пылью. К таким особенностям относятся: их протяженность, динамичность, периодичность работы, размещение на открытых площадках, либо в ограниченных пространствах наземных и подземных галерей. Поэтому, применение аспирационных систем для обеспыливания воздуха в таких условиях не представляется возможным.

В комплексе обеспыливающих мероприятий преобладают способы, основанные на применении воды в качестве пылесвязующего вещества. Захват пыли жидкостью возможен только при условии адгезии. Адгезия и смачивание – это две стороны одного и

того же явления, возникающего при контакте жидкости с твердой поверхностью. Многолетняя практика [2] показывает, что одним из наиболее эффективных методов обеспыливания воздуха является гидродинамический, который может быть реализован различными способами, среди которых наибольшее распространение получили орошение и предварительное увлажнение. Однако, для снижения концентрации пыли в воздухе рабочих зон и приземном слое атмосферы до значений ПДК обеспыливание орошением требует значительных расходов жидкости, что ухудшает санитарно-гигиенические условия труда и не всегда возможно по условиям технологии производства.

Согласно современным представлениям [3] процесс обеспыливания воздуха рабочих зон, в производственном помещении и вне его, включает локализацию и удаление пылевого аэрозоля непосредственно у источников пылевыделения – пылеулавливание, выделение пылевых частиц из воздушного потока – пылеочистку, а также последующее их рассеивание.

Проведенный анализ функциональных элементов системы борьбы с промышленной пылью показал, что вышеперечисленным требованиям соответствует пенный способ обеспыливания. Его преимущество в сравнении с орошением заключается в том, что при незначительных расходах жидкости создается большая поверхность взаимодействия между жидкостью и пылью. Увеличение поверхности и времени взаимодействия позволяет повысить эффективность способа и снизить расход орошающей жидкости на единицу перерабатываемого сырья.

Преимущество пенного способа заключается также в том, что его применяют в целях обеспыливания в условиях отрицательных температур воздуха.

Проведенный анализ пенного способа борьбы с пылью позволил выявить следующие достоинства применения пены по сравнению с другими способами гидрообеспыливания:

- незначительный, в 1,5-2,0 раза меньше, чем при орошении, расход воды;
- незначительное повышение влажности атмосферы и пылящей поверхности;
- высокая эффективность обеспыливания, особенно за счет подавления наиболее опасных для здоровья людей мелкодисперсных фракций пыли.

Однако, преимущество пенного способа борьбы с пылью в полной мере могут быть использованы, если применять его при оптимальных параметрах. Эффективность процесса обеспыливания пеной во многом зависит от ряда условий: типа источника пылеобразования (размеров, интенсивности выделения пыли и др.), свойств пылевого материала, параметров пеногенераторных установок (производительности по пене), свойств пены.

На основе теории дисперсных систем нами построена физическая модель процесса загрязнения воздушной среды пылью, из которой следует, что в результате технологической переработки исходного сырья происходит образование двух дисперсных систем: «исходный пылевой материал», являющийся «исходной» дисперсной системой и трансформирующийся в «пылевой аэрозоль» и «переработанное сырье», поступающее в технологический процесс.

Обеспыливание воздуха пенным способом включает в качестве основных этапов пылеулавливание, пылеочистку и рассеивание пыли, сущность которых отражена в предложенной нами физической модели процесса снижения загрязнения воздушной среды, также основанной на теории дисперсных систем.

При пылеулавливании на пылевой аэрозоль необходимо направить внешнее воздействие, приводящее к снижению концентрации пыли в воздухе рабочей зоны, которое принято называть «дополнительной-1» дисперсной системой. В данном случае в качестве «дополнительной-1» системы выступает пена или пенный аэрозоль. Часть пылевого аэрозоля, оставшегося в рабочей зоне помещения принято называть «остаточной-1» дисперсной системой. Часть пылевого аэрозоля, объединившуюся с «дополнительной-1» системой и направленную с увеличенной устойчивостью в заранее

выделенную область, принято называть «промежуточной-1» дисперсной системой. При этом необходимо учитывать, что отличительной особенностью пенного способа обеспыливания на этапе пылеулавливания является экранирование пыли у источника пылевыделения, физическая сущность которого заключается в том, что частица углубляется в пузырек, вытягивает пленку и образует кратер в форме сечения пылинки. Поэтому, для реализации этого этапа в качестве дополнительной дисперсной системы следует использовать пену с минимальным эффектом смачивания и максимальным эффектом экранирования. Экранирующее действие пены, то есть ее способность уменьшить доступ воздуха к очагу пылеобразования, связано с ее свойствами предотвращать прорыв частиц пыли через пенный слой. При соприкосновении с пылящей поверхностью происходит разрушение нижних слоев пены, а так как интенсивность выделения пыли по всей пылящей поверхности неодинакова, то в отдельных местах в пенном слое образуются пустоты, которые при определенных условиях могут распространяться до поверхности пенного слоя.

Процесс разрушения пены на границе пена - пылящая масса протекает следующим образом: вначале, вследствие, разрушения отдельных пузырьков пены, образуются газовые полости. В образовавшуюся полость продолжает поступать пыль, которая увеличивает ее размер. Если размер полости небольшой, то она остается внутри пенного слоя. Если размер полости окажется больше толщины слоя пены, то произойдет прорыв и пыль выйдет наружу. Изолирующая способность пены зависит от физико-химических свойств пенообразователя и от структуры самой пены. Исходя из условий оптимального улавливания частиц пыли пеной, сформулированы основные требования, предъявляемые к процессу экранирования, то есть к пылеулавливанию пенным способом:

- раствор пенообразователя при низких концентрациях должен давать высокодисперсные и достаточно устойчивые со временем пены;
- при одинаковых пенообразующих свойствах для получения пены должны применяться растворы пенообразователей с большим поверхностным натяжением;
- пенообразующий раствор должен как можно слабее смачивать улавливаемую пыль;
- улавливаемая пыль должна быть тонкодисперсной и иметь невысокую температуру и скорость движения.

Следующий этап процесса обеспыливания – пылеочистку, реализуют за счет активного взаимодействия «промежуточной-1» системы с направленным внешним воздействием, выступающим в качестве «дополнительной-2» дисперсной системы. Важным требованием, предъявляемым при этом к «дополнительной-2» системе, является то, чтобы она смогла обеспечивать выделение твердой фазы из дисперсионной среды «промежуточной -1» системы, не оставляя твердую фазу в газообразной среде. На данном этапе обеспыливания в качестве «дополнительной-2» системы выступает также пена, в виде слоя или аэрозоля, но с ярко выраженными смачивающими свойствами. Результатом реализации процесса пылеочистки является образование «остаточной – 2» и «промежуточной -2» дисперсных систем.

При реализации процесса пылеочистки необходимо осуществлять смачивание пыли пеной, то есть процесс частичного перехода жидкости от пенных пузырьков к частицам пыли вследствие растекания жидкости по их поверхности. В результате такого взаимодействия происходит полное поглощение частицы пузырьком. На процесс смачивания оказывает существенное влияние явление адсорбции, в результате которого может быть нарушено соотношение значений и создают условия для интенсивного поверхностных натяжений на границе фаз, участвующих в смачивании. На процесс смачивания влияют в основном природа и концентрация раствора пенообразователя и смачиваемость пыли. Плохо смачиваемые частицы разрушают пузырек и остаются в воздухе или располагаются на поверхности пузырька, препятствуя контакту с вновь подлетающими частицами.

Поверхностно-активные вещества, находящиеся в пенообразующей жидкости, представляют собой важный способ управления поверхностным натяжением жидкости и смачивания ею твердой поверхности. В момент контакта с пылинкой молекулы ПАВ, находящиеся в пленке пузырька и адсорбированные на ее поверхности, уменьшают разность полярностей на границе жидкость-твердая частица и создают условия для интенсивного молекулярного воздействия между молекулами жидкости и твердого тела. Частица прочно прилипает к поверхности пузырька, затем наступает процесс растекания жидкости по поверхности частицы, который заканчивается, когда вся поверхность частицы смочена жидкостью. В силу наличия поверхностного натяжения, которое стремится сократить поверхность жидкости до минимальных размеров, наступает следующая стадия – втягивание смоченной пылинки внутрь пленки пузырька или внутрь пузырька, и создаются исходные условия для связывания вновь подлетающих частиц пыли. Процесс смачивания пенным слоем эффективен, если пузырек, поглотив частицу, не разрушается или, разрушившись при контакте с пылинкой, превращается в капельку и оседает вместе с пылевой частицей. Для этого целесообразно применять пузырьки пены, обладающие высокой инерционностью и максимальным эффектом смачивания пылевых частиц.

Таким образом, процесс смачивания пыли пеной, то есть процесс пылеочистки пенным способом должен соответствовать следующим требованиям:

- пена, применяемая для процесса пылеочистки, должна обладать достаточно высокой кратностью, но иметь меньшую стойкость по сравнению с пеной при пылеулавливании;
- для получения пены должны применяться растворы пенообразователей с невысоким поверхностным натяжением;
- улавливаемая пыль должна быть тонкодисперсной и иметь достаточную скорость движения, чтобы разрушить пузырек.

Если эффективность процессов пылеулавливания и пылеочистки не обеспечивает нормативных требований к воздуху рабочих зон, находящихся на промышленных площадках, применяется следующий функциональный элемент - рассеивание пыли, характеризующийся дальнейшим уменьшением устойчивости «промежуточной -2» системы за счет активного взаимодействия с ней соответствующего направленного внешнего воздействия, выступающего в качестве «дополнительной -3» дисперсной системы.

Физическая сущность процесса рассеивания пыли заключается в активном увеличении степени разудаления пылевых частиц, попавших в приземный слой атмосферы, ускорении их высева из окружающей воздушной среды и прочном их связывании с переходом в состояние пылевого материала. На практике этот этап связан с выходом «промежуточной-2» системы в воздух промплощадок, с образованием «остаточной-3» дисперсной системы. Сущность этого этапа заключается в доведении значения параметров «промежуточной -2» системы до нормативных. Процесс рассеивания пыли целесообразно осуществлять используя пузырьки пены, обладающих способностью разудаления пылевых частиц друг от друга, переноса их на некоторое расстояние с последующим осаждением на подстилающую поверхность.

Проведенный анализ физической модели процесса снижения загрязнения воздуха показал, что во взаимодействии пылевого аэрозоля с пеной участвуют инерционные, адгезионные, электрические, молекулярные силы, которые действуют по-разному, в зависимости от свойств пыли и пены. Управляя процессами, протекающими в пылевом аэрозоле и пене, которые определяют их состояние и свойства, можно обеспечить максимальную эффективность и экономичность пенного способа.

Для обеспечения возможности расчета эффективности и энергоемкостного показателя как результирующих параметров пенного способа обеспыливания воздуха, прогнозирования эффективности и экономичности работы технических устройств, в

дальнейших исследованиях планируется выполнить математическое описание процесса, которое, в свою очередь, позволит осуществлять выбор оптимальных технических средств реализации процесса обеспыливания воздуха пеной. Кроме того, на основе математической модели возможна разработка рекомендаций по выбору оптимальных рабочих параметров процессов пылеулавливания, пылеочистки и рассеивания пыли пенным способом с учетом особенностей производственных условий, обеспечивающих значительное снижение запыленности воздуха в рабочей зоне до концентраций, близких к ПДК.

### Литература

1. Юшин В.В, Лапин В.Л, Попов В.М. Техника и технология защиты воздушной среды. М.: Высшая школа, 2005. – 391с.
2. Беспалов В.И., Мещеряков С.В., Гурова О.С. Оценка процессов и расчет аппаратов защиты окружающей среды: Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: ООО «Мини Тайп», 2007.- 192с.
3. Беспалов В.И., Данельянц Д.С., Мишнер Й. Теория и практика обеспыливания воздуха: Монография – Киев: «Наукова думка», 2000. - 185 с.

---

**Вадим Игоревич Беспалов** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Инженерная защита окружающей среды Ростовского государственного строительного университета.

**Vadim Igorevich Bespalov** – the Doctor of Engineering, professor, the head of the department Engineering environment protection of the Rostov State University of Civil Engineering.

**Оксана Сергеевна Гурова** – кандидат технических наук, доцент кафедры Инженерная защита окружающей среды Ростовского государственного строительного университета.

**Oksana Sergeyevna Gurova** – Candidate of Technical Sciences, the associate professor Engineering environment protection of the Rostov State University of Civil Engineering.

344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162  
344022, Rostov-on-Don, Sotsialisticheskaya St., 162  
Тел.: +7(863) 201-91-33; e-mail: [okgurova@yandex.ru](mailto:okgurova@yandex.ru)

---

---