

Анализ подходов к оценке эффективности улавливания вредностей и прогноза загрязнения воздуха рабочих зон

Е.Е. Новгородский, А.А. Трубников

Ростовский государственный строительный университет (г. Ростов-на-Дону)

Решение задач интенсификации промышленного производства, наращивания выпуска продукции и дальнейшего развития предприятий, сопряжено с их техническим перевооружением и применением высокопроизводительного оборудования. Перевод промышленности на интенсивные технологии во многом сдерживается фактором загрязнения - повышенным уровнем образования загрязнений на рабочих местах и их распространением в рабочих зонах. По данным статистики более половины работающих заняты на работах с вредными и опасными условиями труда именно по условиям превышения ПДК на рабочих местах и рабочих зонах. По оценкам экспертов [1,2] причины такого положения дел в порядке возрастания их удельного веса располагаются в следующей последовательности:

- несовершенство конструкции, несвоевременный и некачественный ремонт вентиляционных систем и их элементов (эксплуатационные недостатки) - 20%;
- нарушение технологических режимов их эксплуатации и технического обслуживания (технологические недостатки) - 38%;
- не всегда оптимальный выбор рабочих параметров процесса улавливания загрязняющих веществ (санитарно-гигиенические недостатки) - 42%.

Как видно из представленного перечня, основную роль играют две последние группы, а одним из основных средств обеспечения нормативных параметров воздуха рабочих зон выступает местная вытяжная вентиляция.

В области проектирования вентиляционных (аспирационных) систем накоплен обширный научный и практический потенциал. Однако его использование затруднено, поскольку нет единого подхода к оценке качества работы отдельных элементов вентсистем, в инженерной практике доминирует типизация не только технических решений, но и их рабочих характеристик. Даже такой основной для технических систем параметр как КПД, аналогом которого в вентиляционной технике выступает эффективность, определен не для каждого элемента вентиляционной системы. В частности, эффективность работы местных отсосов, локализирующих и удаляющих загрязняющие вещества от источников их образования, практически не используется совсем или учитывается косвенно. До сих пор проектирование и оптимизация рабочих характеристик местных отсосов ведется в основном по расходным характеристикам. Одной из основных причин сложившейся ситуации является недооценка значимости и, как следствие, несовершенство методической базы прогноза эффективности локализации и удаления загрязнений от источников их выделений, условия распространения и их остаточное содержание в воздухе рабочей зоны, а следовательно, безопасность условий труда работающих.

Эффективность, определяя степень соответствия реального результата максимально достижимому, прежде всего, определяется способом установки местного отсоса [2, 3].

Работы, посвященные теоретическому и экспериментальному исследованию эффективности их работы немногочисленны и во многом противоречивы (рис.1).

В [3] эффективность для местных отсосов открытого типа от тепло- и газовыделяющего оборудования представлена степенью улавливания - отношением объемного расхода загрязняющих веществ, уловленных местным отсосом к их общему объемному расходу, выделяющемуся из источника. Однако практическое определение эффективности и здесь зависит от расходных характеристик местных отсосов путем учета двух режимов реализации процесса улавливания:

- режима «неполного улавливания», когда производительность отсоса меньше расхода струи, в пределах которой перемещается основная масса загрязняющих веществ, и их значительная

доля рассеивается вследствие подвижности воздуха. При этом эффективность не обеспечивает нормативные санитарно-гигиенические условия;

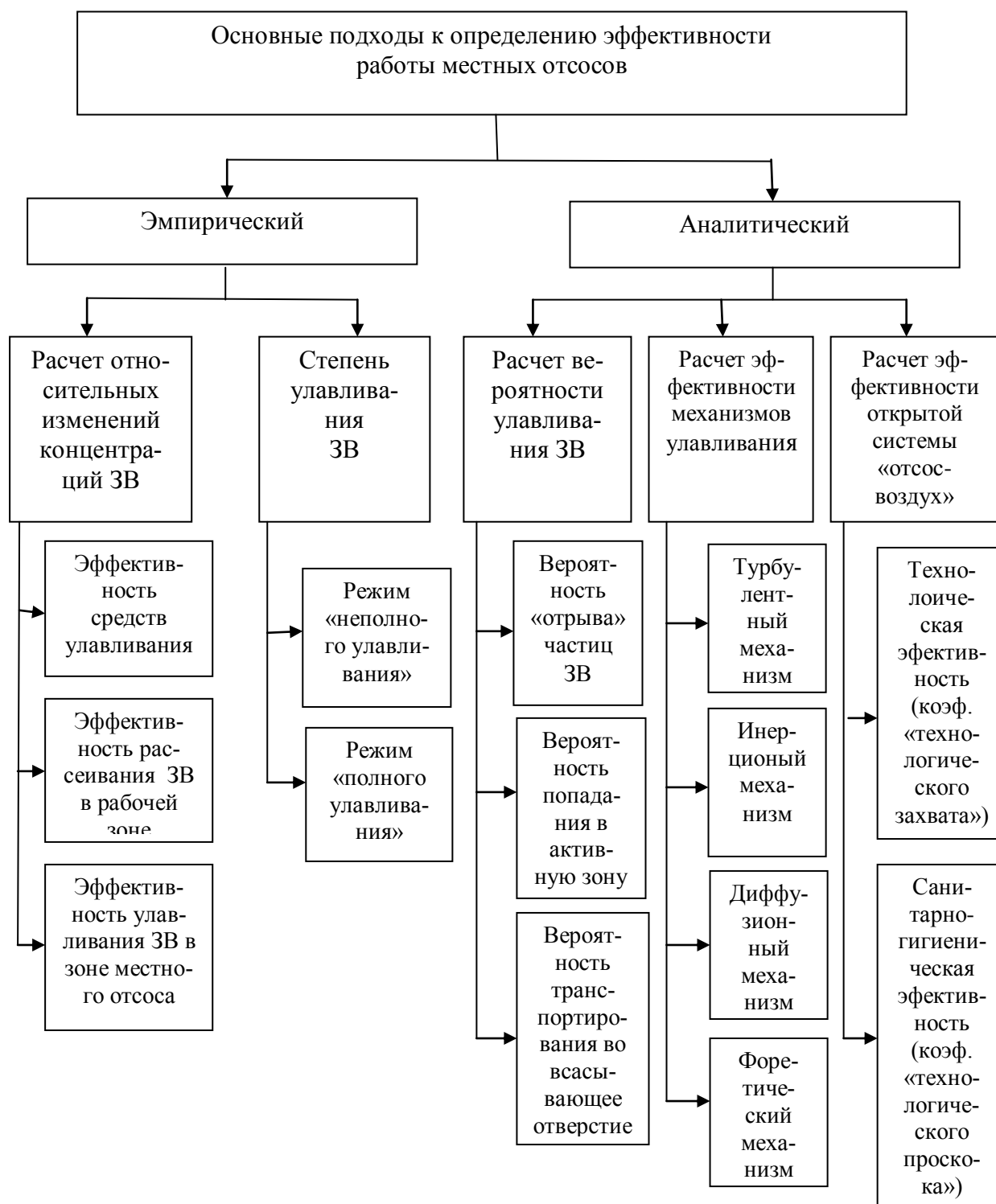


Рис.4. Классификация основных подходов к определению эффективности работы местных отсосов

- режима «предельного улавливания» при равенстве производительности отсоса расходу струи с загрязняющими веществами. Условия полного улавливания обеспечивают максимальную эффективность процесса локализации и удаления вредных веществ из воздуха рабочей зоны. Но даже при «предельном улавливании» некоторая часть загрязняющих веществ может

рассеиваться в воздушной среде ввиду турбулентной диффузии [3]. В связи с этим вводится понятие «оптимальной» эффективности, при которой неуловленные вредности создают в воздухе фоновую концентрацию меньше ПДК_{рз}. Достигнуть ее возможно при производительности отсоса превышающей расход струи. Именно «оптимальная» эффективность выступает в роли основной расчетной эффективности. Данный подход в соответствии с которым основным направлением снижения концентрации загрязняющих веществ в воздушной среде является увеличение объема воздуха, удаляемого местными отсосами. Физико-химические свойства загрязняющих веществ методика учитывает только в том объеме, который не противоречит принципу «полного увлечения» примесей воздушным потоком, что ограничивает ее применение в случае пыли.

Более расширенное представление о перечне параметров эффективности местных отсосов дано в [4]. В зависимости от целевого назначения выделено эффективности, характеризующие изменение концентрации ЗВ в воздушной среде без местного отсоса и при его применении, а также изменение концентрации ЗВ непосредственно в зоне действия местного отсоса относительно их концентрации на источнике. Однако, при детальном рассмотрении становится очевидным, что эмпирический подход делает невозможным прогноз эффективности улавливания. Кроме того оперирование концентрациями требует более корректной постановки задачи, базирующейся на законе сохранения масс ЗВ.

Среди основных теоретических направлений расчета эффективности необходимо более подробно остановиться на вероятностном подходе к оценке эффективности [5], рассматривающем три последовательно реализуемых этапа процесса улавливания: отрыва частиц под действием подъемной силы воздушного потока, их попадания в активную зону спектра всасывания и дальнейшее транспортирование ЗВ во всасывающее отверстие местного отсоса, как случайных независимых событий. Если вероятности этих событий равны соответственно E_1 , E_2 и E_3 , то суммарная эффективность процесса улавливания представлена вероятностью:

$$E_{эф} = 1 - \frac{(1 + k(1 - E_1))(1 - E_2)(1 - E_3)}{k + 1},$$

где k - коэффициент, учитывающий свойства улавливаемого материала

Однако замена понятия «эффективность» на понятие «вероятность» не является до конца корректной, поскольку в технике «эффективность» традиционно в большей степени отождествляется с понятием КПД процесса (устройства), в то время как «вероятность» - с выбором закона распределения случайной величины. Все это ограничивает возможности практического применения, как полученных зависимостей, так и подхода в целом.

Попыткой преодоления указанных неточностей можно считать предложенный в [1] метод расчета эффективности, в основе которого лежит рассмотрение основных физических механизмов процесса пылегазоулавливания: инерционного E_1 , турбулентного E_2 , диффузионного E_3 и форетического E_4 . С учетом степени инерционности потока ЗВ предложена следующая зависимость для определения суммарной эффективности процесса улавливания E :

$$E = \begin{cases} 1 - (1 - E_1)(1 - E_2) - \text{инерционный поток ЗВ;} \\ 1 - (1 - E_2)(1 - E_3)(1 - E_4) - \text{безынерционный поток ЗВ.} \end{cases}$$

В тоже время необходимо отметить, что задача прогноза эффективности осаждения решена в [1] только в первом приближении, поскольку параметрически не доработана. Это касается, прежде всего, определения компонентов и итоговой расчетной скорости распространения загрязняющих веществ, а также граничных условий, необходимых для предотвращения уноса загрязнений и «предельного улавливания» по расходу воздуха. Не учтены конструктивные и технологические особенности местных отсосов.

Наконец в [6] с учетом того, что система «отсос-воздух» является открытой, оценку эффективности в зависимости от целевого назначения и типа решаемых задач предложено производить с учетом выделения двух ее различных видов:

- технологической, характеризующей достижимый в заданных условиях эксплуатации уровень выполнения местным отсосом функции улавливания вредных выделений. По сути, этот вид эффективности является коэффициентом «технологического захвата» вредностей и определяет операции их дальнейшей обработки в вентиляционной системе;
- санитарно-гигиенической, характеризующей достижимый в заданных условиях эксплуатации местного отсоса уровень остаточного содержания вредностей в значимых точках воздуха рабочей зоны. Этот тип эффективности является коэффициентом «технологического проскока» вредностей, непосредственно определяющий условия труда работающих.

Придерживаясь данного разграничения понятий эффективности работы местных отсосов, проведенный выше анализ существующих подходов к ее описанию свидетельствует о том, что большинство из них, характеризуя технологическую эффективность, основаны на эмпирических данных или на весьма упрощенных теоретических моделях, которые нуждаются в уточнении их математического описания. Для санитарно-гигиенической эффективности аналитической методики оценки не существует.

Последнее обуславливает актуальность задачи математического моделирования процесса улавливания ЗВ местными отсосами и прогноза остаточного загрязнения воздуха рабочих зон. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Обосновать математические методы, пригодные для описания и в наибольшей степени учитывающие особенности определения технологической и санитарно-гигиенической эффективности работы местных отсосов.
2. Уточнить математическое описание технологической эффективности работы местных отсосов и соответствующие ему граничные условия.
3. Разработать имитационную модель распространения остаточных загрязнений внутри производственных помещений для оценки санитарно-гигиенической эффективности работы местных отсосов.
4. Создать программное обеспечение для автоматизации расчетов технологической и санитарно-гигиенической эффективностей работы местных отсосов.

Литература:

1. Страхова Н.А., Беккиева С.А., Гриценко О.В. Инженерные, технологические и экологические методы снижения загрязнения воздуха рабочих зон различных отраслей промышленности. - Нальчик: Изд. КБГСХА, 2000.- 144 с.
2. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х ч. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.1/ Под ред. Н.Н.Павлова и Ю.И.Шиллера.-4-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1992.- 319с.
3. Посохин В.Н. Расчет местных отсосов от тепло- и газовыделяющего оборудования.- М.: Машиностроение, 1984.- 160с.
4. Системы борьбы с пылью на промышленных предприятиях/ В.И.Саранчук, В.П.Журавлев, В.В.Рекунов, Н.А.Страхова и др. - Киев: Наукова думка, 1994.-191с.
5. Кудинова Н.В. Совершенствование процесса и метода распыливания воздуха рабочей зоны конвейеров предприятий стройиндустрии по производству керамических изделий: Автореф. дис. . . канд. технич. наук : 05.26.01. – Ростов н/Д, 2003.- 24 с.
6. Страхова Н.А., Овчинникова Л.Ю., Плескачев А.Б. Принятие технических решений по защите воздушной среды от загрязняющих веществ.- Ростов-на-Дону: Изд. РГСУ, 2002.- 332 с.