

4.5. Производственная пыль и вентиляция

Гигиеническая характеристика производственной пыли

Характеристика пыли

Пыль - аэродисперсная система, в которой дисперсионной средой является воздух, а дисперсной фазой - пылевые частицы, находящиеся в твердом состоянии и имеющие размеры от десятых долей миллиметра до долей микрометра.

Производственные аэрозоли классифицируются по *происхождению*, *способу образования*, *размерам частиц* (дисперсности) и др.

По происхождению пыль разделяется на:

- органическую;
- неорганическую;
- смешанную.

Органическая пыль может быть *естественной* - животного или растительного происхождения (древесная, хлопковая, льняная, джутовая, костяная, шерстяная и др.) и *искусственной* - пыль пластмасс, резины, смол, красителей и других синтетических продуктов. **Неорганическая** пыль может быть *минеральной* (кварцевая, силикатная, асбестовая, цементная, наждачная, фарфоровая и др.) и *металлической* (цинковая, железная, медная, свинцовая, марганцевая). К смешанным видам пылей относятся пыли, образующиеся в металлургической промышленности, во многих химических и др. производствах.

В зависимости от **способа образования** различают аэрозоли *дезинтеграции* и *конденсации*. Аэрозоли дезинтеграции образуются при механическом измельчении, дроблении и разрушении твердых веществ (бурение, размол, взрывание пород и др.), при механической обработке изделий (очистка литья, полировка и др.). Аэрозоли конденсации образуются при термических процессах возгонки твердых веществ (плавление, электросварка и др.) вследствие охлаждения и конденсации паров металлов.

В зависимости от **дисперсности** различают *видимую* пыль размером более 10 мкм, *микроскопическую* - размером от 0,25 до 10 мкм, *ультрамикроскопическую* - менее 0,25 мкм.

По характеру действия производственные аэрозоли можно разделить на аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД) и аэрозоли, оказывающие общетоксическое, раздражающее, канцерогенное, аллергическое, мутагенное и действие.

В производственных условиях рабочие чаще всего подвергаются воздействию аэрозолей **преимущественно фиброгенного действия**, содержащих диоксид кремния, силикаты, частицы различных металлов, сплавов и др. Степень фиброгенности пыли с содержанием свободного диоксида кремния (SiO_2) зависит от его доли; различают аэрозоли выраженно-, умеренно- и слабо-фиброгенные.

Методы контроля содержания пыли в воздухе рабочих помещений

Для определения в воздухе рабочей зоны аэрозолей преимущественно фиброгенного действия используется весовой метод, который основан на задержке пыли известного объема воздуха на специальном фильтре.

Наиболее целесообразно использовать аналитические аэрозольные фильтры (АФА - модели АФА-ВП-40, АФА-ВП-20 и др.). Они представляют собой диски из перхлорвиниловой ткани ФПП с опресованными краями. АФА обладают рядом ценных качеств, в частности высокой эффективностью пылеулавливания при малом сопротивлении току проходящего воздуха, что позволяет протягивать воздух с большой скоростью (до 100 л/мин).

В качестве фильтродержателя применяют пластмассовый или металлический аллонж. Побудителем движения воздуха являются электрические или эжекторные аспираторы.

Аспираторы, используемые для отбора проб воздуха, имеют конструкцию, позволяющую проводить исследования при наличии на рабочих местах подводки электрического тока - электрические аспираторы, и при отсутствии ее, например, в шахтах, рудниках и на взрывоопасных предприятиях - эжекторные аспираторы.

Электрический аспиратор состоит из воздуходувки, создающей отрицательное давление, электромотора и четырех реометров. Скорость определяют по шкале, отградуированной в л/мин. Два реометра градуированы от 1 до 20 л/мин и служат для отбора проб воздуха на запыленность, два других - для отбора проб воздуха при проведении газовых анализов и градуированы от 0,2 до 1 л/мин.

Вычисление и оценка результатов анализа. Из массы фильтра после взятия пробы (m_1) вычитают первоначальную массу (m_0), определяя прибавку в весе (v в мг). Вычисляют объем протянутого воздуха (V), умножая объемную скорость просасывания на время отбора пробы. Затем величину привеса делят на объем протянутого воздуха, выраженный в m^3 , и по формуле получают результаты - концентрацию (K) в $мг/м^3$.

$$K = \frac{(m_1 - m_0) \cdot 1000}{V} .$$

Оценку результатов исследования запыленности проводят путем сопоставления их с предельно допустимым содержанием пыли в воздухе рабочей зоны. Если отбор проводят с целью оценки эффективности действия вентиляции или других средств борьбы с пылью, то сравнивают содержание пыли до и после применения.

Методы и аппаратура, используемые для определения концентрации аэрозоля, должны отвечать установленным нормативным требованиям. Они должны обеспечивать определенные концентрации вещества на уровне 0,5 ПДК с относительной стандартной погрешностью. Относительная стандартная ошибка определения концентрации вещества на уровне ПДК не должна превышать 25%.

Объем отобранного воздуха следует привести к стандартным условиям, для чего необходимо измерение температуры, атмосферного давления и относительной влажности воздуха.

В табл. 4.13 указано назначение некоторых видов аппаратуры, используемой для контроля АПФД в производственной среде.

Таблица 4.13. Приборы, аппаратура и устройства, рекомендуемые для контроля АПФД в производственной среде

Наименование	Назначение
Аспиратор, модель 822	Отбор проб аэрозоля из воздуха для определения концентраций прямым методом
Автоматический одноканальный пробоотборник АПП-6-1 (базовый вариант)	Отбор проб аэрозоля из воздуха для определения концентраций прямым методом. При подключении поглотителей и малогабаритных насадок возможен отбор проб для определения газов, бактериальной обсемененности воздуха и других примесей
Автоматический 4-канальный аспиратор АПВ-4	Отбор проб воздуха для определения в нем загрязняющих примесей прямым методом
Пробоотборник индивидуальный «БРИЗ-1», ОП-43/ГЦ, ШИ-3	Отбор проб аэрозоля из воздуха для определения среднесменной концентрации прямым методом
Аспиратор ШП-1	То же + два канала, таймер от 1 до 30 мин, при параллельном соединении производительность суммируется
Пробоотборное устройство ПУ-ЭР-220	Отбор проб воздуха с последующим определением концентрации газов, паров, аэрозолей
Пробоотборное устройство ПУ-4Э	Для тех же целей, что и предыдущий; отбор проб может быть проведен также на открытой местности, питание от аккумулятора

Гигиенические критерии оценки условий труда при воздействии аэрозоля преимущественно фиброгенного действия (АПФД)

Оценка условий труда при профессиональном контакте с аэрозолями преимущественно фиброгенного действия осуществляется исходя из фактических величин среднесменных концентраций АПФД и кратности превышения среднесменных ПДК.

Показателем оценки степени воздействия АПФД на органы дыхания работника является пылевая нагрузка. В случае превышения среднесменной ПДК фиброгенной пыли расчет пылевой нагрузки обязателен.

Пылевая нагрузка (ПН) на органы дыхания - это реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую работник вдыхает за весь период фактического (или предполагаемого) профессионального контакта с ней.

Пылевая нагрузка на органы дыхания работника (или группы работников, если они выполняют аналогичную работу в одинаковых условиях) рассчитывается исходя из фактических среднесменных концентраций АПФД в воздухе рабочей зоны, объема легочной вентиляции (зависящего от тяжести труда) и продолжительности контакта с пылью:

$$ПН = К * N * Т * Q,$$

где: К - фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м³;

N - число рабочих смен, отработанных в календарном году в условиях воздействия АПФД (например, 250);

T - количество лет контакта с АПФД;

Q - объем легочной вентиляции за смену, м³.

Рекомендуется использовать следующие усредненные величины объемов легочной вентиляции, которые зависят от уровня энерготрат и соответственно категорий работ

согласно СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений":

- для работ категории Ia - 16 объем легочной вентиляции за смену - 4 м³;
- для работ категории IIa - 116 - 7 м³;
- для работ категории III - 10 м³.

Полученные значения фактической ПН сравнивают с величиной контрольной пылевой нагрузки (КПН), под которой понимают пылевую нагрузку, сформировавшуюся при условии соблюдения среднесменной ПДК пыли в течение всего периода профессионального контакта с фактором:

$$\text{КПН} = \text{ПДК}_{\text{cc}} * N * T * Q,$$

где: ПДК_{cc} - среднесменная ПДК, мг/м³,

N - число рабочих смен в календарном году;

T - количество лет контакта с АПФД;

Q - объем легочной вентиляции за смену, м³.

При соответствии фактической пылевой нагрузки (ПН) контрольному уровню (КПН) условия труда относят к допустимому классу и подтверждают безопасность продолжения работы в тех же условиях.

Производственная вентиляция

Основной задачей вентиляции в производственных помещениях является соблюдение санитарно-гигиенических требований к качеству воздушной среды непосредственно на рабочем месте. При всем многообразии систем вентиляции, обусловленном назначением помещений, характером технологического процесса, видом вредных выделений и т. п., их можно классифицировать по следующим характерным признакам:

- а) по способу создания давления для перемещения воздуха: с естественным и искусственным (механическим) побуждением;
- б) по назначению: приточные и вытяжные;
- в) по зоне обслуживания: местные и общеобменные;
- г) по конструктивному исполнению: канальные и бесканальные.

Естественная вентиляция. Перемещение воздуха в системах естественной вентиляции происходит:

- вследствие разности температур наружного (атмосферного) воздуха и воздуха в помещении, так называемой аэрации;
- вследствие разности давлений «воздушного столба» между нижним уровнем (обслуживаемым помещением) и верхним уровнем - вытяжным устройством (дефлек-тором), установленным на кровле здания;
- в результате воздействия так называемого ветрового давления.

В помещениях с большими избытками тепла воздух всегда теплее наружного. Более тяжелый наружный воздух, поступая в здание, вытесняет из него менее плотный теплый воздух.

При этом в замкнутом пространстве помещения возникает циркуляция воздуха, вызываемая источником тепла, подобная той, которую вызывает вентилятор.

В системах естественной вентиляции, в которых перемещение воздуха создается за счет разности давлений воздушного столба, минимальный перепад по высоте между уровнем забора воздуха из помещения и его выбросом через дефлектор должен быть не менее 3 м. При этом рекомендуемая длина горизонтальных участков воздуховодов не должна быть более 3 м, а скорость воздуха в воздуховодах - не превышать 1 м/с.

Воздействие ветрового давления выражается в том, что на наветренных (обращенных к ветру) сторонах здания образуется повышенное, а на подветренных сторонах, а иногда и на кровле, - пониженное давление (разрежение). Если в ограждениях здания имеются проемы, то с наветренной стороны атмосферный воздух поступает в помещение, а с заветренной - выходит из него, причем скорость движения воздуха в проемах зависит от скорости ветра, обдувающего здание, и соответственно от величин возникающих разностей давлений.

Системы естественной вентиляции просты и не требуют сложного дорогостоящего оборудования и расхода электрической энергии. Однако зависимость эффективности этих систем от переменных факторов (температуры воздуха, направления и скорости ветра), а также небольшое располагаемое давление не позволяют решать с их помощью все сложные и многообразные задачи в области вентиляции.

Искусственная (механическая) вентиляция. В механических системах вентиляции используются оборудование и приборы (вентиляторы, электродвигатели, воздухонагреватели, пылеуловители, автоматика и др.), позволяющие перемещать воздух на значительные расстояния. Такие системы могут подавать и удалять воздух из локальных зон помещения в требуемом количестве, независимо от изменяющихся условий окружающей воздушной среды. При необходимости воздух подвергают различным видам обработки (очистке, нагреванию, увлажнению и т. д.), что практически невозможно в системах с естественным побуждением.

Следует отметить, что на практике часто предусматривают так называемую **смешанную** вентиляцию, т. е. одновременно естественную и механическую вентиляцию.

В каждом конкретном проекте определяется, какой тип вентиляции является наилучшим в санитарно-гигиеническом отношении, а также экономически и технически более рациональным.

Приточная вентиляция. Приточные системы служат для подачи в вентилируемые помещения чистого воздуха взамен удаленного. Приточный воздух в необходимых случаях подвергается специальной обработке (очистке, нагреванию, увлажнению и т.д.).

Вытяжная вентиляция. Вытяжная вентиляция удаляет из помещения (цеха, корпуса) загрязненный или нагретый отработанный воздух. В общем случае в помещении предусматриваются как приточные, так и вытяжные системы. Их производительность должна быть сбалансирована с учетом возможности поступления воздуха в смежные помещения или из смежных помещений. В помещениях может быть также предусмотрена только вытяжная или только приточная система. В этом случае воздух поступает в данное помещение снаружи или из смежных помещений через специальные проемы или удаляется из данного помещения наружу, или перетекает в смежные помещения. Как приточная, так и вытяжная вентиляция могут

обустроиваться непосредственно на рабочем месте (местная вентиляция) или для всего помещения (общеобменная вентиляция).

Местная вентиляция требует меньших затрат, чем общеобменная. В производственных помещениях при выделении разнородных вредностей (газов, влаги, теплоты и т. п.) обычно применяют смешанную систему вентиляции — общую для устранения вредностей во всем объеме помещения и местную (местные отсосы и приток) для обслуживания рабочих мест.

Местная вентиляция. Местной вентиляцией называется такая, при которой воздух подают на определенные места (местная приточная вентиляция) и загрязненный воздух удаляют только от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция). Для большинства производственных процессов, загрязняющих окружающую среду, обустройство системы местной вытяжной вентиляции является единственным способом, обеспечивающим предельно-допустимые концентрации вредных веществ в зоне дыхания работающего в закрытом помещении при минимальных затратах на свое построение и на дальнейшие эксплуатационные затраты. Для того, чтобы сократить или предотвратить попадание вредных веществ в окружающую среду, в состав систем местной вытяжной вентиляции включают оборудование для пылеулавливания и очистки воздуха, что также обеспечивает дополнительную экономию энергоресурсов.

Местная приточная вентиляция. К местной приточной вентиляции относятся воздушные души (сосредоточенный приток воздуха с повышенной скоростью). Они должны подавать чистый воздух к постоянным рабочим местам, снижать в их зоне температуру окружающего воздуха и обдувать рабочих, подвергающихся интенсивному тепловому облучению.

К местной приточной вентиляции относятся также воздушные оазисы - участки помещений, отгороженные от остального помещения передвижными перегородками высотой 2-2,5 м, в которые нагнетается воздух с пониженной температурой. Местную приточную вентиляцию применяют также в виде воздушных завес (у во-рот, печей и пр.), которые создают как бы воздушные перегородки или изменяют направление потоков воздуха.

Местная вытяжная вентиляция. Местную вытяжную вентиляцию применяют, когда места выделений вредностей в помещении локализованы и можно не допустить их распространение по всему помещению. Местная вытяжная вентиляция в производственных помещениях обеспечивает улавливание и отвод вредных выделений: газов, дыма, пыли и частично выделяющегося от оборудования тепла. Для удаления вредностей применяют местные отсосы (укрытия в виде шкафов, зонты, бортовые отсосы, завесы, укрытия в виде кожухов у станков и др.). Основные требования, которым они должны удовлетворять, следующие:

- место образования вредных выделений по возможности должно быть полностью укрыто;
- конструкция местного отсоса должна быть такой, чтобы отсос не мешал нормальной работе и не снижал производительность труда;
- вредные выделения необходимо удалять от места их образования в направлении их естественного движения (горячие газы и пары надо удалять вверх, холодные тяжелые газы и пыль - вниз).

При устройстве местной вытяжной вентиляции для улавливания пылевых выделений удаляемый из цеха воздух, перед выбросом его в атмосферу, должен быть предварительно

очищен от пыли. Наиболее сложными вытяжными системами являются такие, в которых предусматривают очень высокую степень очистки воздуха от пыли с установкой последовательно двух или даже трех пылеуловителей (фильтров).

Местные вытяжные системы, как правило, весьма эффективны (эффективность местных вытяжных систем около 75%, остальные 25% должны удалять общеобменные вытяжные системы), так как позволяют удалять вредные вещества непосредственно от места их образования или выделения, не давая им распространиться в помещении. Однако местные системы не могут решить всех задач, стоящих перед вентиляцией. Не все вредные выделения могут быть локализованы этими системами. Например, когда вредные выделения, рассредоточены на значительной площади или в объеме; подача воздуха в отдельные зоны помещения не может обеспечить необходимые условия воздушной среды, то же самое, когда работа производится на всей площади помещения или ее характер связан с перемещением и т.д. В этом случае необходимо использовать передвижные местные вытяжные системы типа «СовПлим» и т.п.

Общеобменная вентиляция. Общеобменные системы вентиляции - как приточные, так и вытяжные, предназначены для осуществления вентиляции в помещении в целом или в значительной его части. Общеобменные вытяжные системы относительно равномерно удаляют воздух из всего обслуживаемого помещения, а общеобменные приточные системы подают воздух и распределяют его по всему объему вентилируемого помещения.

Общеобменная приточная вентиляция устраивается для ассимиляции избыточного тепла и влаги, разбавления вредных концентраций паров и газов, не удаленных местной и общеобменной вытяжной вентиляцией, а также для обеспечения расчетных санитарно-гигиенических норм и свободного дыхания человека в рабочей зоне.

При отрицательном тепловом балансе, т.е. при недостатке тепла, а также, если дефицит притока в воздушном балансе превышает 1,5 кратный воздухообмен, общеобменную приточную вентиляцию устраивают с механическим побуждением и с подогревом всего объема приточного воздуха. Как правило, перед подачей воздух очищают от пыли.

При поступлении вредных выделений в производственные помещения количество приточного воздуха должно полностью компенсировать общеобменную и местную вытяжную вентиляцию.

Простейшим типом общеобменной вытяжной вентиляции является отдельный вентилятор (обычно осевого типа) с электродвигателем на одной оси, расположенный в окне или в отверстии стены. Такая установка удаляет воздух из ближайшей к вентилятору зоны помещения, осуществляя лишь общий воздухообмен.

В некоторых случаях установка имеет протяженный вытяжной воздуховод. Если длина вытяжного воздуховода превышает 30-40 м и соответственно потери давления в сети составляют более 30-40 кг/м², то вместо осевого вентилятора устанавливается вентилятор центробежного типа. Когда вредными выделениями в цехе являются тяжелые газы или пыль и отсутствуют тепловыделения от оборудования, вытяжные воздуховоды прокладывают по полу цеха или выполняют в виде подпольных каналов. Канальная и бесканальная вентиляция. Системы вентиляции имеют разветвленную сеть воздуховодов для перемещения воздуха (канальные системы) либо каналы (воздуховоды) могут отсутствовать, например, при установке

вентиляторов в стене, в перекрытии, при естественной вентиляции и т. д. (бесканальные системы).

При проектировании таких вентустановок прежде всего следует определить:

- место установки вентиляционного агрегата;
- расположение приточных и вытяжных отверстий;
- места прокладки воздуховодов в помещениях;
- помещения, в которые следует подавать приточный воздух, производить вытяжку.

Приобретение и установка систем пылеподавления и пылеудаления

Пылеподавление осуществляется путем гидрообеспыливания. **Гидрообеспыливание** – снижение содержания пыли в воздухе путем применения различных мокрых способов борьбы со взвешенной пылью, отложившейся на различных поверхностях, но способной подняться. Гидрообеспыливание применяется при любых климатических условиях, даже при отрицательной температуре. При гидрообеспыливании используется свойство воды и растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ) смачивать пылевые частицы и связывать их между собой, с предметами, на которые осаждаются пыль. Эффективность гидрообеспыливания зависит от способа использования и удельного расхода воды, равномерности увлажнения или орошения, величины удельной поверхности жидкости (степень распыла), смачиваемости частиц и др. Вода, предназначенная для гидрообеспыливания, не должна содержать взвешенных минеральных частиц более 50 мг/л, иметь колититр более 300 см³ и не быть кислотной. Для повышения пылеподавления в воду добавляют ПАВ: ДБ, ОП-7, ОП-10, ДС-РАС, ДС-На и др. Они вводятся в водопровод либо централизованно на центральной станции, либо на отдельных участках с помощью дозаторов-смачивателей.

Другим способом повышения улавливания частиц пыли распыленной жидкостью является подзарядка водяных капель электричеством. Эффективность этого способа зависит от размеров частиц и капель, величины заряда капли и относительной скорости движения капель и частиц пыли. Проблема обеспыливания воздуха в условиях технологических процессов, при которых площадь источника пылевыделения и объемы запыленного воздуха имеют большие размеры (технологические процессы погрузки-разгрузки железнодорожных вагонов сыпучими пылящими материалами, разгрузка сыпучих материалов ленточными конвейерами в открытые склады и др.) решается с помощью установок для обеспыливания воздуха от источников пылеобразования больших габаритных размеров.

Пылеудаление осуществляется как через систему централизованной пылеуборки, так и путем использования моечно-уборочных механизмов и приспособлений. Система централизованной пылеуборки состоит из отдельно стоящего силового агрегата и соединяется системой воздуховодов с пневматическими розетками в стенах или полах. На время уборки к пневморозетке присоединяется гибкий шланг длиной от 6 до 15 м с насадкой, как у обычных пылесосов. После соединения шланга с пневморозеткой замыкаются электрические контакты, приводящие в действие всю систему, и пылесос начинает работать - воздух с мусором и пылью проходит по воздуховодам к силовому агрегату. Там воздух очищается, 96-99% мусора оседает в пылеприемнике, а отработанный воздух удаляется на улицу.

При уборке производственных помещений необходимо использовать разнообразные моечно-уборочные механизмы и приспособления. К ним относятся: аппараты высокого давления с нагревом воды, аппараты высокого давления без нагрева воды, порталные мойки,

поломоечные машины, подметальные машины, промышленные моющие пылесосы, промышленные пылесосы для сухой уборки, промышленные пылесосы для сухой и влажной уборки.