

## Практическая работа № 4

### ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЫЛИ

Производственная пыль является весьма распространенным, а при некоторых производственных процессах основным вредным фактором. К таким процессам относятся: бурение, дробление и измельчение сырья и полуфабрикатов в горнорудной, угольной, фарфорофаянсовой промышленности; снятие поверхностного слоя при точке, шлифовке в машиностроительной промышленности; перемешивание, расфасовка и упаковка сыпучих веществ в химической, пищевой промышленности, промышленности стройматериалов и т.д. Такую пыль принято называть аэрозолем измельчения или дезинтеграции. Кроме того, при плавке, сварке, плазменном напылении металлов и обработке некоторых неметаллов, например соединений бария и кремния, в воздух могут поступать пары этих веществ, которые в дальнейшем вследствие конденсации образуют в нем высокодисперсные частицы твердого вещества («дымы», или аэрозоли конденсации).

По происхождению пыль разделяют на органическую, неорганическую и смешанную. Органическая пыль может быть естественной, животного или растительного происхождения (древесная, хлопковая, льняная, костяная, шерстяная и др.) и искусственной – пыль пластмасс, резины, смол, красителей и других синтетических веществ. Неорганическая пыль может быть минеральной (кварцевая, силикатная, асбестовая, цементная, наждачная, фарфоровая и др.) и металлической (цинковая, железная, медная, свинцовая, марганцевая). В условиях производства особенно распространена пыль смешанного состава, состоящая из минеральных и металлических частиц (например, смесь пыли железа и кремния), органическая и неорганическая (пыль злаков и почвы).

Важным свойством пыли является ее дисперсность. В зависимости от размера частиц (дисперсности) различают видимую пыль размером более 10 мкм (быстро выпадающую из воздуха) микроскопическую – размером от 0,25 до 10 мкм (медленно выпадающую из воздуха), ультрамикроскопическую – менее 0,25 мкм (длительно витающую в воздухе по законам броуновского движения). Производственная пыль, как правило, полидисперсна, т.е. в воздухе встречаются одновременно пылевые частицы различных размеров. В любом образце пыли обычно число мелких частиц больше, чем крупных. В большинстве случаев до 60... 80% частиц пыли имеют диаметр до 2 мкм, 10... 20% – от 2 до 5 мкм и до 10% – свыше 10 мкм. От степени дисперсности пылевых частиц зависят как стойкость пылевого аэрозоля в воздухе производственного помещения, так и степень задержки частиц пыли в дыхательных путях (табл. 4.1). Выраженной фиброгенной активностью обладают аэрозоли дезинтеграции с частицами менее 5 мкм и аэрозоли конденсации с частицами менее 0,3 — 0,4 мкм, так как они обладают глубокой проникающей способностью и задерживаются непосредственно в альвеолах. Более крупные частицы задерживаются в верхних дыхательных путях и выводятся с мокротой.

Таблица 4.1

**Задержка пылевых частиц каолина в зависимости от их размеров, % от общего числа пыли, задержанной в организме**

Диаметр частиц, мкм	Общая задержка	Задержка в верхних дыхательных путях	Отложения в альвеолах
0,3	47,8	9,2	34,5
0,9	63,5	16,5	30,5
1,6	71,7	46,5	25,9
5,0	92,3	82,7	9,8

Характер воздействия пыли на организм многообразен и зависит от ряда ее свойств, прежде всего химического состава. Пылевые частицы ряда химических веществ обладают выраженной токсичностью и при попадании в организм могут вызывать отравления. К таким видам пыли относятся пыль бериллия, ванадия, окиси кадмия, свинца, тория и др.

Пыль, не обладающая выраженной токсичностью, может приводить к развитию хронических неспецифических заболеваний легких, выражающихся в продуктивной реакции с развитием соединительной ткани – пневмокониозов (силикоз, антракоз и т.д.). При этом лёгочная ткань замещается соединительной тканью, а значит, не способна осуществлять функцию газообмена. Аэрозоли, вызывающие фиброз лёгочной ткани называют аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД). При длительном воздействии пыли также характерно развитие бронхитов,

трахеитов, пневмоний, конъюнктивитов пылевой этиологии. Пыль способна вызывать не только раздражение и воспаление слизистых оболочек, но, в тяжелых случаях, может приводить к их перфорации.

Некоторые виды пыли вызывают в легких и других органах гранулематозный процесс (бериллий), другие способны вызывать аллергические заболевания (меховая, растительная пыль).

Борьба с пылью на производстве и профилактика заболеваний, развивающихся от воздействия аэрозолей, осуществляется комплексом санитарно-гигиенических, технологических, организационных и медико-биологических мероприятий.

Основой проведения мероприятий по борьбе с пылью является гигиеническое нормирование содержания аэрозолей в воздухе рабочей зоны. Так, например, для аэрозолей, способных вызвать выраженный пневмокониоз, предельно допустимая концентрация (ПДК) не превышает  $1 \dots 2 \text{ мг/м}^3$ ; для аэрозолей, оказывающих фиброгенное действие средней выраженности, –  $4 \dots 6 \text{ мг/м}^3$ , для аэрозолей с незначительной фиброгенностью –  $8 \dots 10 \text{ мг/м}^3$ . Уровень допустимого содержания пыли с выраженным токсическим действием для большинства веществ значительно меньше  $1 \text{ мг/м}^3$ .

В борьбе с образованием и распространением пыли наиболее эффективны технологические мероприятия. К ним относятся:

- внедрение непрерывной технологии производства, при которой отсутствуют ручные операции;
- автоматизация и механизация процессов, сопровождающихся выделением пыли;
- рационализация технологического процесса, обработка пылящих материалов во влажном состоянии, например, внедрение мокрого бурения в горнорудной и угольной промышленности (бурение с промывкой канала водой);
- дистанционное управление;
- устройство местных вентиляционных отсосов, вытяжной или приточно-вытяжной вентиляции. Удаление пыли происходит непосредственно от мест пылеобразования. Перед выбросом в атмосферу запыленный воздух очищается с помощью пылеуловителей различной конструкции.

Например, частыми видами работ, при которых наблюдается интенсивное загрязнение воздуха пылью, являются транспортировка, погрузка, разгрузка и затаривание сухих, пылящих материалов. Улучшение условий труда при этих процессах достигается переходом на закрытые способы транспортировки и механизацию отдельных операций. Пневмотранспорт, т.е. перемещение материалов по трубам с помощью сжатого воздуха, герметичность оборудования для погрузочно-разгрузочных операций, современные машинные методы расфасовки и упаковки готовой продукции – все это широко применяется во многих производствах и дает хороший гигиенический эффект.

Для горных рабочих установлены сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск, выход на пенсию по возрасту в 50 лет. Используется защита временем при работе в условиях повышенной запыленности. В соответствии с российским трудовым законодательством на работы в подземных условиях не допускаются лица моложе 20 лет, так как пневмокониозы в молодом возрасте развиваются раньше и протекают тяжелее. Обязательным является проведение предварительных при поступлении на работу и периодических медицинских осмотров. Противопоказаниями к приему на работу, связанную с воздействием пыли, являются все формы туберкулеза, хронические заболевания органов дыхания, сердечнососудистой системы, глаз, кожи.

Средства индивидуальной защиты – респираторы, специальные шлемы и скафандры с подачей в них чистого воздуха применяются в тех случаях, когда не удастся снизить запыленность воздуха в рабочей зоне до допустимых пределов более радикальными технологическими мероприятиями. К индивидуальным средствам защиты от пыли относятся также защитные очки, специальная противопылевая одежда, защитные пасты и мази.

Для санитарной оценки воздушной среды на производстве определяют содержание пыли в воздухе, степень ее дисперсности, морфологию пылевых частиц и их химический состав. Последний анализ на функционирующих производствах можно не проводить, так как химический состав пыли определенного производства обычно известен.

Содержание пыли в воздухе регламентируют в зависимости от ее химического состава. Санитарными правилами предусматриваются допустимые уровни более чем для 130 видов различных производственных аэрозолей. Они установлены для аэрозолей, обладающих токсичностью, в зависимости от ее степени, а для нетоксичных аэрозолей — в зависимости от содержания свободной  $\text{SiO}_2$  (табл. 4.2). Все вещества разделяют на классы опасности следующим образом: 1 класс – чрезвычайно опасные, 2 класс – высоко опасные, 3 класс – умеренно опасные, 4 класс – мало опасные.

Содержание пыли в воздухе определяется по ее массовому количеству в единице объема и выражается в миллиграммах, деленных на метры кубические (весовой метод), и по числу пылинок в  $1 \text{ см}^3$  воздуха (счетный метод). Весовой метод основан на задержке пыли из известного объема воздуха на фильтре с предварительным и последующим взвешиванием фильтра на аналитических весах.

### Предельно допустимые концентрации АПФД

Вещество	ПДК мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Кремния двуокись кристаллическая: при содержании в пыли свыше 70 % содержании в пыли от 10 до 70 % содержании в пыли от 2 до 10%	1	3
	2	4
	4	4
Кремния двуокись аморфная в виде аэрозоля конденсации: при содержании в пыли свыше 60 % содержании в пыли от 10 до 60 %	1	3
	2	4
асбест асбестоцемент, цемент, апатит, глина стеклянное волокно	2	4
	6	4
	4	4
алмаз металлизированный каменный уголь с содержанием SiO <sub>2</sub> до 5%	4	4
	10	4
алюминий и его сплавы (в пересчете на Al) алюминия оксид в виде аэрозоля дезинтеграции (глинозем, электрокорунд) чугун	2	4
	6	4
	6	4
мучная, хлопчатобумажная, древесная и др. хлопчатобумажная, хлопковая, льняная, шерстяная, пуховая и др. (с примесью SiO <sub>2</sub> более 10 %) с примесью диоксида кремния от 2 до 10 %	6	4
	2	4
	4	4

В качестве фильтрующего материала используют специальные ткани или вату (стеклянную или хлопчатобумажную), закладываемые в трубки (аллонжи), которые могут быть стеклянными, пластмассовыми или металлическими.

Время аспирации воздуха при определении его запыленности определяют опытным путем, исходя из уровня запыленности. При большой запыленности это достигается аспирацией 120 – 200 л воздуха при скорости 10 л/мин. При незначительном содержании пыли протягивают значительно больший объем (до 0,5 м<sup>3</sup>). Запыленность воздуха вычисляют следующим образом: из массы фильтра после взятия пробы (Q) вычитают первоначальную массу (Q<sub>0</sub>) и определяют прибавку (ΔQ, мг). Объем протянутого при аспирации воздуха (V<sub>0</sub>, л) приводится к нормальным условиям (t = 20° С, p = 760 мм.рт.ст.)

После взвешивания с целью определения дисперсного состава пыли в воздухе фильтр помещают на предметное стекло и просветляют в парах ацетона. Для этого предметное стекло подносят к горловине колбы с ацетоном, подогреваемой на водяной бане. Ткань фильтра быстро просветляется и тонким прозрачным слоем плотно пристает к стеклу, фиксируя на нем пылевые частицы. Предметное стекло с просветленным фильтром помещают на столик микроскопа. Предварительно определяют цену деления окулярного микрометра, вставленного в окуляр микроскопа. После этого устанавливают изучаемый препарат. Перемещая препарат в разных направлениях, подсчитывают не менее 100 пылевых частиц, определяя их размеры при помощи окулярного микрометра и занося значения в таблицу. Одновременно описывают морфологию пылевых частиц, отмечая их конфигурацию, характер краев и т.д. Это позволяет судить о составе пыли (минеральная, растительная и др.) и особенностях ее воздействия на организм.

### Гигиеническая оценка условий труда при воздействии ПФД

Класс условий труда и степень вредности при профессиональном контакте с АПФД определяют, исходя из фактических величин среднесменных концентраций аэрозолей и кратности превышения среднесменных ПДК (табл. 4.3).

Таблица 4.3

#### Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны АПФД

Показатели	Классы условий труда				
	Допустимый	Вредный (Превышение ПДК (КПН), раз)			
		2	3.1	3.2	3.3
Концентрация пыли	≤ ПДК	1,1 – 2,0	2,1– 5,0	5,1– 10,0	> 10,0
Пылевая нагрузка (ПН)*	≤ КПН	1,1 – 2,0	2,1– 5,0	5,1– 10,0	> 10,0
ПН для пылей с выраженным фиброгенным действием (ПДК ≤ 1 мг/м <sup>3</sup> ) а также для асбестосодержащих	≤ КПН	1,1 – 1,5	1,6– 3,0	3,1 – 5,0	> 5,0

\*За исключением пылей, обладающих фиброгенным действием и имеющих ПДК 1 мг/м<sup>3</sup> и менее, а также для асбестосодержащих пылей.

Дополнительным показателем оценки степени воздействия АПФД на органы дыхания работающих является пылевая нагрузка за весь период реального или предполагаемого контакта с фактором. В случае превышения среднесменной ПДК фиброгенной пыли расчет пылевой нагрузки обязателен.

Пылевая нагрузка (ПН) на органы дыхания работающего – это реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую рабочий вдыхает за весь период фактического или предполагаемого профессионального контакта с фактором. Пылевая нагрузка на органы дыхания работающего рассчитывается, исходя из фактических среднесменных концентраций АПФД в воздухе рабочей зоны, объема легочной вентиляции (зависящего от тяжести труда) и продолжительности контакта с пылью:

$$ПН = C_{cc} \cdot N \cdot T \cdot Q, \text{ мг (4.1)}$$

где  $C_{cc}$  – фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работающего, мг/м<sup>3</sup>;

$N$  – число рабочих смен в календарном году (248 рабочих дней);

$T$  – количество лет контакта с АПФД;

$Q$  – объем легочной вентиляции за смену, м<sup>3</sup>.

Пылевую нагрузку можно рассчитать за любой период работы в контакте с пылью для получения фактической или прогностической величины.

Рекомендуется использование следующих усредненных величин объемов легочной вентиляции, которые зависят от уровня энергозатрат и, соответственно, категории работ по тяжести (согласно СанПиН 2.2.4.548-96): для работ категории Ia, Ib – 4 м<sup>3</sup>; IIa, IIб – 7 м<sup>3</sup>; III – 10 м<sup>3</sup>.

Полученные значения фактической ПН сравнивают с величиной контрольной пылевой нагрузки, значение которой рассчитывается в зависимости от фактического или предполагаемого стажа работы, ПДК пыли и категории тяжести работ.

Контрольный уровень пылевой нагрузки (КПН) – это пылевая нагрузка, сформировавшаяся при условии соблюдения среднесменной ПДК пыли в течение всего периода профессионального контакта с фактором:

$$КПН = ПДК \cdot N \cdot T \cdot Q, \text{ мг (4.2)}$$

При соответствии фактической ПН контрольному уровню условия труда относят к допустимому классу. Кратность превышения контрольных пылевых нагрузок указывает на класс вредности условий труда по данному фактору (табл. 4.3). При превышении контрольных пылевых нагрузок рекомендуется использовать принцип «защиты временем».

Для оценки возможности продолжения работы в конкретных условиях труда, расчета допустимого стажа работы в этих условиях (для вновь принимаемых на работу) необходимо сопоставление фактических и контрольных уровней пылевой нагрузки.

В том случае, когда фактические ПН не превышают КПН, подтверждается возможность работать в тех же условиях.

При превышении КПН необходимо рассчитать стаж работы ( $T_{\text{доп}}$ ), при котором ПН не будет превышать КПН. При этом КПН рекомендуется определять за средний рабочий стаж, равный 25 годам. В тех случаях, когда продолжительность работы более 25 лет, расчет следует производить, исходя из реального стажа.

$$T_{\text{доп}} = \frac{КПН_{25}}{C_{cc} \cdot N \cdot Q} \quad (4.3)$$

где  $T_{\text{доп}}$  – допустимый стаж работы, лет;

$КПН_{25}$  – контрольная ПН за 25 лет работы в условиях соблюдения ПДК, мг;

$C_{cc}$  – фактическая среднесменная концентрация пыли, мг/м<sup>3</sup>;

$N$  – количество смен в календарном году;

$Q$  – объем легочной вентиляции за смену, м<sup>3</sup>.

$$КПН_{25} = ПДК \cdot N \cdot T_{25} \cdot Q, \text{ мг (4.4)}$$

где ПДК – среднесменная ПДК пыли, мг/м<sup>3</sup>;

$T_{25}$  – средний рабочий стаж, 25 лет.

### Задание

Дать общую характеристику пыли на рабочем месте и определить класс условий труда.

### Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Выбрать вариант задания (табл. 4.4).

3. Согласно своему варианту рассчитать пылевую нагрузку (ПН), контрольную пылевую нагрузку (КПН) за этот период, контрольную пылевую нагрузку за период 25-летнего контакта с фактором (КПН<sub>25</sub>), допустимый стаж работы в таких условиях.
4. Определить класс условий труда на рабочем месте.

Таблица 4.4

**Условия задачи по вариантам**

№ вар.	Вещество	% вещ-ва в пыли	Концентрация (Ссс)	Контакт с пылью, лет	Категория работ
1	Цемент	-	14,5	5	III
2	Глинозем	-	20	8	II
3	SiO <sub>2</sub> кристаллизованная	50	8	4	II
4	Каменный уголь	4	36	9	II
5	Стекловолокно	-	16	12	II
6	Шерсть	16	5	7	III
7	Мука	-	8	5	III
8	Чугун	-	7	8	III
9	SiO <sub>2</sub> в виде аэрозоля	67	2,5	4	II
10	Апатит	-	10	9	III

**Вопросы для контроля**

1. Назовите производства, на которых представлена пыль как производственный фактор.
2. Назовите классификацию производственной пыли.
3. Охарактеризуйте особенности действия производственной пыли на организм человека.
4. Что такое дисперсность и как она определяется?
5. Как проводится гигиеническая оценка пыли в воздухе рабочей зоны и определяется класс условий труда по фактору пыль?
6. Какие мероприятия по борьбе с пылью осуществляются на производствах?

**Список литературы**

1. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Введ. 15.04.03// Гигиенические нормативы. – М., 2003.
2. Р. 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов производственной среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: – Введ. 01.11.05. – М., 2005.
3. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: Санитарные правила и нормы. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.