

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ВЕСОВЫМ МЕТОДОМ»

3.1. Цель работы

Ознакомление с основными сведениями о производственной пыли и ее воздействии на организм человека. Изучение принципов гигиенического нормирования пылевой обстановки в производственных помещениях и на рабочих местах. Освоение методов и способов измерения концентрации пыли и измерительной аппаратуры. Приобретение навыков санитарно–гигиенической оценки пылевой обстановки и разработки мероприятий по улучшению условий труда.

3.2. Общие сведения

Пыль – мельчайшие частицы твердого вещества, которые способны некоторое время находиться в воздухе во взвешенном состоянии. Пыль образуется как в естественных условиях, так и на производстве, например, при дроблении и размоле твердых веществ, при изготовлении строительных изделий, их обработке и транспортировании. Промышленная пыль характеризуется широким диапазоном размеров частиц – от долей микрона до 1-2 мм и более.

В воздухе рабочей зоны чаще всего содержится пыль с размерами частиц не более 20 – 30 мкм. Более крупные частицы оседают из воздуха через непродолжительное время.

По природе образования пыли делятся на органическую, неорганическую и смешанную.

Степень вредного воздействия пыли на организм человека зависит от физико-химических свойств исходного материала, размеров частиц пыли и степени запыленности (концентрации пыли в воздухе).

Физико-химический состав пыли во многом определяет характер ее воздействия на организм. Следует отметить, что при измельчении до пылевидного состояния физико-химическая активность исходного материала может возрастать в сотни раз по причине увеличения его удельной поверхности. Например, вещество, которое является малотоксичным при проглатывании, может проявлять явно выраженные токсические свойства при вдыхании его в виде пыли.

По размерам частиц пыль делится на 5 классификационных групп: наиболее крупнодисперсная, крупнодисперсная, среднедисперсная, мелкодисперсная, наиболее мелкодисперсная. Чем меньше размеры пылевых частиц, тем большее время они находятся во взвешенном состоянии в воздухе, и тем больше вероятность их воздействия на человека.

Пыль может попадать в организм через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

По характеру действия на организм человека пыль можно разделить на раздражающую и токсичную.

К **раздражающим** относятся минеральная (цемент, кварц, гипс, минеральное волокно и др.), металлическая, древесная пыль. Они вызывают раздражение и воспаление органов дыхания.

Профессиональные заболевания, которые вызывают раздражающие пыли, называются пневмокониозами (пнеumo - легкие, кониа - пыль) и пылевыми бронхитами. В зависимости от состава пыли, различают разновидности пневмокониоза – силикозы (воздействие кварцевой пыли), атракноз (угольной), асбестоз (асбестовой), алюминоз (пыль глины или бокситов) и пр.

Кроме того, пыль вызывает общие заболевания дыхательных путей, такие, как ларингит, фарингит, бронхит и пр.

Ряд пылей действуют раздражающе на кожные покровы, вызывая пылевые поражения кожи – шероховатости и шелушение, утолщения и огрубление кожи, выпадение волос, угри, фурункулез, бородавки, экземы. Загрязнение кожи пылью снижает ее потоотделительную функцию вследствие закупорки желез.

Целый ряд промышленных пылей вызывают ярко выраженные аллергические реакции. Это проявляются в виде различных кожных реакций – экзем, дерматитов, различных высыпаний, аллергического раздражения верхних дыхательных путей и пр.

При воздействии пыли на глаза развиваются конъюнктивиты, помутнение хрусталика, поражение роговицы.

Токсичные пыли образуются из веществ, которые, растворяясь в биологических средах, действуют на организм как яд и вызывают его отравление, например, мышьяк, свинец и пр. Следует отметить, что токсичное действие вещества в пылевидном состоянии многократно усиливается, некоторые вещества токсичны только в виде пыли.

Пыль способна адсорбировать из воздуха некоторые ядовитые газы, в результате чего пыль нетоксичных материалов может оказаться ядовитой. Например, сажа адсорбирует практически все токсичные вещества, образующиеся в процессах сгорания.

Имеются сведения о мутагенном и канцерогенном воздействии пылей на организм человека.

Взвешенная в воздухе пыль горючих материалов может стать причиной взрывов и пожаров, при этом взрывы пылевоздушных смесей вызывают весьма значительные разрушения. Для возникновения взрыва необходимо, чтобы концентрация пыли в воздухе находилась между нижним и верхним концентрационными пределами воспламенения.

Нижний (верхний) концентрационный предел воспламенения (НКПВ и ВКПВ) – минимальная (максимальная) концентрация пыли в воздухе при атмосферном давлении, при которой пылевоздушная смесь способна воспламениться от внешнего источника зажигания с распространением пламени в ее объеме.

3.3. Нормативные требования

ГОСТ 12.1.005 – 88 [1] установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) пыли и других вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Под ПДК понимается концентрация пыли в мг/м³, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений

По степени воздействия на организм пыли подразделяются на четыре класса опасности: 1-й - чрезвычайно опасный (ПДК < 0,1 мг/м³); 2-й - высокоопасный (0,1 < ПДК < 1 мг/м³); 3-й - умеренно опасный (1 < ПДК < 10 мг/м³); 4-й - малоопасный (ПДК > 10 мг/м³).

Содержание пыли в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения ПДК - максимально разовых рабочей зоны (ПДК_{мр. рз}) и среднесменных рабочей зоны (ПДК_{сс. рз}).

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких видов пыли однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждой из них (C_1, C_2, \dots, C_n) в воздухе помещений к их ПДК (ПДК₁, ПДК₂, ... ПДК_n) по ГОСТ [1] не должна превышать единицы.

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1. \quad (3.1)$$

Для определения содержания пыли в воздухе отбор проб должен производиться в зоне дыхания (пространство в радиусе до 50 см от лица работающего) при характерных производственных условиях с учетом основных технологических процессов, источников выделения вредных веществ и функционирования технологического оборудования.

В течение смены на отдельных этапах технологического процесса в каждой точке должно быть последовательно отобрано такое количество проб (но не менее пяти), которое явилось бы достаточным для достоверной гигиенической характеристики состояния воздушной среды. Метод отбора проб должен обеспечить избирательное определение содержания пыли на уровне $\leq 0,5$ ПДК, а длительность отбора проб не должна превышать 30 мин.

Периодичность контроля устанавливается в зависимости от класса опасности пыли: для I класса - не реже 1 раза в 10 дней, II класса - не реже 1 раза в месяц, III и IV классов - не реже 1 раза в квартал.

3.4. Измерение концентрации пыли

При выполнении исследований промышленной пыли применяется качественный и количественный виды анализа.

Качественный анализ включает определение химического состава пыли, а также ее физико-химических свойств, таких, как абразивность, электропро-

водность, слипаемость и др. Качественный анализ выполняется в лабораториях или экспресс-методами непосредственно на месте выделения пыли.

Количественный анализ позволяет определить концентрацию пыли в воздухе. Для этого применяют две группы методов:

1. Методы **без предварительного осаждения** пыли являются косвенными. Концентрация пыли определяется по результатам измерений различных физических параметров пылевоздушного потока. Наибольшее распространение получили оптические методы, основанные на измерении поглощения света пылегазовым потоком или рассеяния света частицами пыли. Точность результатов замеров определяется характером движения частиц пыли и, в большинстве случаев, невысока. Достоинством этих методов являются непрерывность и скорость получения результатов замеров. Они позволяют вести непрерывный промышленный контроль, что дает возможность автоматизации управления технологическим процессом и своевременного оповещения персонала об аварийных ситуациях.

2. Методы, основанные на **предварительном осаждении пыли**, позволяют определить непосредственно весовую концентрацию пыли в воздухе.

Наибольшее распространение получил **весовой метод**. Он заключается в осаждении пыли из определенного объема воздуха на фильтры АФА-ВП, определении привеса фильтра и вычисления весовой концентрации пыли в мг/м^3 . В качестве фильтрующего элемента используют гидрофобные материалы типа ФПП (фильтр-полотно Петрянова) из ультратонких волокон перхлорвинила, которые обеспечивают очень высокую степень улавливания частиц пыли размерами до 0,1 – 0,2 мкм.

3.5. Экспериментальная часть

3.5.1. Задание по работе

Исходные данные для выполнения работы согласно номеру варианта, который задает преподаватель, принимают по табл. 3.1.

Таблица 3.1

Исходные данные

Вариант	Вещество	ПДК, мг/м^3	Требуемое время работы в респираторе, ч
1	Зерновая	4	1
2	Мучная	6	8
3	Хлопчатобумажная	2	4
4	Пыль стеклянного волокна	6	20
5	Пуховая	2	8
6	Древесная	6	2
7	Пыль известняка	6	16
8	Пыль асбеста	2	10
9	Пыль цемента	6	22
10	Пыль гипса	2	10

3.5.2. Приборы и материалы

Для выполнения работы требуются следующие приборы и материалы:

- установка для отбора проб пыли на фильтр АФА-ВП (см. рис. 3.1);
- весы аналитические класса точности не менее II (высокий) по ГОСТ [7];
- барометр-анероид;
- термометр;
- секундомер.

3.5.3. Порядок выполнения работы

1. Определяют вес фильтра АФА-ВП-10 на аналитических весах, для чего:

- вынимают из обоймы комплект фильтра, разворачивают пакет из кальки, затем защитное бумажное кольцо и вынимают фильтрующий элемент;
- складывают фильтрующий элемент с помощью пинцета вчетверо, кладут в центр чашечки весов и взвешивают;
- помещают фильтрующий элемент в защитное бумажное кольцо, на котором проставляют порядковый номер фильтра и его вес. Записи выполняют со стороны запыления фильтра, а затем заносят их в табл.3.2.

2. Подготавливают установку к работе. Для этого:

- взвешенный фильтрующий элемент вместе с защитным бумажным кольцом вставляют в аллонж 8 (см. рис.3.1).
- в пылевой камере 9 создают требуемую запыленность воздуха.

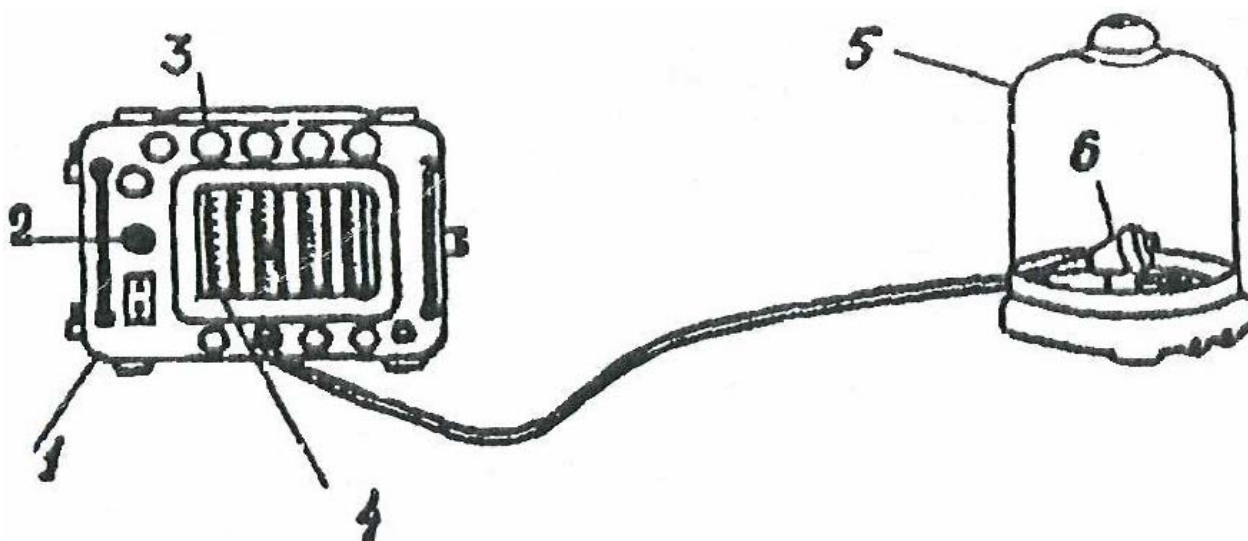


Рис. 3.1.Схема установки для отбора проб пыли на фильтр АФА-ВП

1- аспиратор; 2 – выключатель; 3 – ручки вентилялей;

4 – ротаметр; 5 – пылевая камера; 6 – аллонж

3. Производят отбор пробы пыли. Для этого:

- включают одновременно аспиратор 1 и секундомер;
- по ротаметру 4 снимают показания расхода воздуха: P_1 – в начале отбора (через 30 секунд), P_2 – через 1 минуту, P_3 – в конце отбора (через 2 минуты). Результаты заносят в табл. 3.2;

- по барометру и термометру определяют соответственно атмосферное давление и температуру воздуха. Результаты заносят в табл. 3.2.
- отключают аспиратор, вынимают фильтр из аллонжа и складывают его вчетверо, запыленной стороной внутрь;
- взвешивают фильтр. Результат заносят в табл. 3.2.

Если привес пыли $25 \text{ мг} > (m_2 - m_1) > 2 \text{ мг}$, то производят новый отбор пробы, корректируя время отбора.

4. Выполняют расчет концентрации пыли. Для этого:

- определяют усредненный объем воздуха, прошедшего через ротаметр:

$$V = \frac{(P_1 + P_2 + P_3) \cdot \tau}{3 \cdot 1000}, \text{ м}^3. \quad (3.2)$$

где P_1, P_2, P_3 – показания ротаметра аспиратора, л/мин;

τ – общее время замера (2 мин)

- приводят усредненный объем воздуха к нормальным условиям ($t = 0^\circ\text{C}$; $B = 760 \text{ мм рт.ст.}$) по формуле:

$$V_0 = \frac{V \cdot 293 \cdot B}{(273 + t) \cdot 760}, \text{ м}^3, \quad (3.3)$$

где B – барометрическое давление, мм рт.ст.;

t – температура воздуха, проходящего через аспиратор, $^\circ\text{C}$.

- находят весовую концентрацию пыли по формуле:

$$C = \frac{m_2 - m_1}{V_0}, \text{ мг/м}^3, \quad (3.4)$$

где m_1, m_2 – масса фильтра соответственно до и после отбора пробы, мг.

Результаты расчетов заносят в табл.3.2.

Таблица 3.2

Результаты исследования концентрации пыли в воздухе

Вид пыли	Температура воздуха $t, ^\circ\text{C}$	Барометрическое давление $B, \text{ мм рт.ст.}$	Масса фильтра, мг		Время замера $\tau, \text{ мин.}$	Показания ротаметра $P, \text{ л/мин.}$	$V, \text{ м}^3$	$V_0, \text{ м}^3$	$C, \text{ мг/м}^3$
			до замера, m_1	после замера m_2					
					0,5				
					1,0				
					2,0				

3.5.4. Оценка результатов измерений и выводы по работе

Оценку пылевой обстановки выполняют следующим образом:

- состав пыли принимают в соответствии с вариантом (табл.3.1);
- по веществу, из которого состоит пыль, определяют ПДК (табл.3.1).

В случае, если фактическая запыленность воздуха, полученная по формуле 3.2 превышает ПДК, следует предложить наиболее целесообразные технические и профилактические мероприятия по улучшению условий труда (см., например, [2, 5, 8] и др.).

3.6. Мероприятия по борьбе с пылью

Выбор способов уменьшения запыленности помещений зависит от условий работы, технологического процесса и вида пыли.

В настоящее время, в основном, идут по пути применения прогрессивной технологии, включающей замкнутые циклы, мокрый способ производства, автоматизацию, комплексную механизацию и дистанционное управление, исключая контакт человека с пылью.

Инженерно-экологические мероприятия по борьбе с пылью включают герметизацию пылящего оборудования, устройство систем местной вытяжной вентиляции, систем аспирации технологического оборудования, а также очистку воздуха в пылеуловителях и применение пневмотранспорта сыпучих материалов. Следует предусматривать систематическую уборку помещений централизованным и местным способом.

Конкретный выбор мероприятий по борьбе с пылью производится на основании сделанной оценки пылевой обстановки.

В предложениях по улучшению условий труда следует предусмотреть использование различных устройств, предотвращающих возникновение или распространение пыли, а также применение индивидуальных средств защиты.

3.6.1. Определение времени защитного действия респиратора (выполняется по указанию преподавателя)

В тех случаях, когда технические мероприятия не могут полностью обеспечить снижение концентрации пыли в воздухе рабочей зоны производственного помещения до ПДК, следует дополнительно использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). К ним относятся изолирующие СИЗОД (шланговые и универсальные противогазы), а также фильтрующие СИЗОД – противопылевые респираторы [8].

Технические характеристики респираторов приведены в табл. 3.3.

Выбор типа респиратора осуществляется в зависимости от требуемой эффективности пылезадержания и продолжительности времени работы в респираторе.

Требуемую эффективность пылезадержания респиратора определяют по формуле:

$$\eta_{mp} = \frac{C - ПДК}{C} \cdot 100\%, \quad (3.5)$$

где C – концентрация пыли в воздухе, принимаемая по результатам экспериментальных замеров или по заданию преподавателя.

Необходимое время работы в респираторе выбирают из табл. 3.1 в соответствии с номером варианта, задаваемого преподавателем.

Результаты заносят в табл.3.4.

Таблица 3.3

Технические характеристики респираторов

N	Показатель	Тип респиратора					
		ШБ-1 «Лепесток-5»	У-ГК	Ф - 6211	Астра-2	ПРШ - 741	ПРШ - 472
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Эффективность пылезадержания, %	96,0	98,0	99,0	99,3	99,9	99,99
2	Время защитного действия при запыленности, мг/м ³ :						
	1000	–	–	–	–	6	7
	600	–	–	–	–	11	13
	300	4	–	–	5	22	26
	100	8	1	5	10	44	52
3	Сокращение поля зрения, %	10,0	14,0	19,0	26,0	10,0	10,0
4	Начальное сопротивление (Па) при расходе (30 л/мин) $5 \cdot 10^{-4}$ м/с: на входе	70	520	400	310	120	180
	на выходе	70	350	370	300	300	300
5	Масса респиратора, г	10	48	190	250	200	220

Примечание. Для промежуточных концентраций время защитного действия респиратора определяется путем интерполяции.

Таблица 3.4

Подбор респиратора

Эффективность пылезадержания, %		Время защитного действия, ч		Тип респиратора	Сокращение поля зрения, %	Начальное сопротивление Па		Масса респиратора г
требуемая	фактическая	требуемое	фактическое			на входе	на выходе	

3.7. Контрольные вопросы

1. Как воздействует пыль на организм человека?
2. Каким образом классифицируют пыли?
3. Что понимается под предельно допустимой концентрацией пыли, единица её измерения?
4. В каком документе приведены ПДК и от чего зависит ПДК?
5. Какие мероприятия применяют при борьбе с пылью?
6. Какие методы используют для определения концентрации пыли в воздухе?
7. Какие приборы применяют для определения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны?
8. Какие индивидуальные средства используют для защиты от пыли?
9. Что понимают под эффективностью респиратора?
10. Какие виды респираторов применяются, принцип их работы?