

**Аэрозоли
преимущественно
фиброгенного действия
(АПФД)**

Нормативная база

- ГОСТ 12.1.005-88 (2000) ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны с изменениями № 1
- МУ 4.1.2468-09 «Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности»
- МУ 4945-88 «Методические указания по определению вредных веществ в сварочном аэрозоле (твердая фаза и газы)»
- Р.2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
- СанПиН 2.4.6.664-97 Гигиенические критерии допустимых условий и видов работ для профессионального обучения и труда подростков
- ГН 2.2.5.1313-03 предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Фиброгенный аэрозоль - это мелкие твердые частицы, взвешенные в воздухе, которые приводят к поражению легких в результате замещения живой ткани крупноволокнистой соединительной тканью, что ведет к уменьшению дыхательной поверхности и формирс



Профессиональные заболевания



- Профессиональные заболевания, связанные с фиброгенным эффектом действия пыли на организм, называются пневмокониозами (цементоз, асбестоз)
- К фиброгенным аэрозолям относятся:
 - кварцевая и асбестовая пыли,
 - алюмосиликатные пыли, взвешенные в воздухе,
 - аэрозоли кокса, аэрозоли дезинтеграции и конденсации металлов.



Методика измерения

Рассмотрим измерение количества пыли в воздухе рабочей зоны по МУ 4.1.2468-09 «Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности»



Метод измерения

- Измерение массовых концентраций пыли основано на гравиметрическом (весовом) определении массы пыли, уловленной из измеренного объема исследуемого воздуха.
- Контроль содержания пыли в воздухе рабочей зоны проводится путем сравнения измеренных максимальных разовых и среднесменных концентраций с их предельно допустимыми.

Погрешность измерений

Диапазон измерений массовых концентраций пыли, мг/м ³	Доверительные границы относительной погрешности +/- дельта, %отн.	Предел повторяемости, % отн. дельта	Предел воспроизводимости R, дельта % отн.
От 1,0 до 250 вкл.	24	18	23

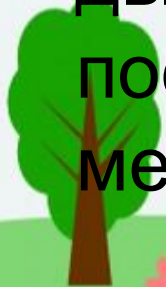
Максимально разовая ПДК

ПДК — это
м.р. концентрация, при
вдыхании которой в
течение 30 минут у
человека не должно
наблюдаться
рефлекторных реакций
(кашель, чихание,
слезотечение)



Среднесменное ПДК

- ПДК_{с.с.} – это средняя концентрация, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени не менее 75% продолжительности рабочей смены или концентрация средневзвешенная во времени длительности всей смены в зоне дыхания работающих на местах постоянного или временного рабочего места.



ГН 2.2.5.1313-03

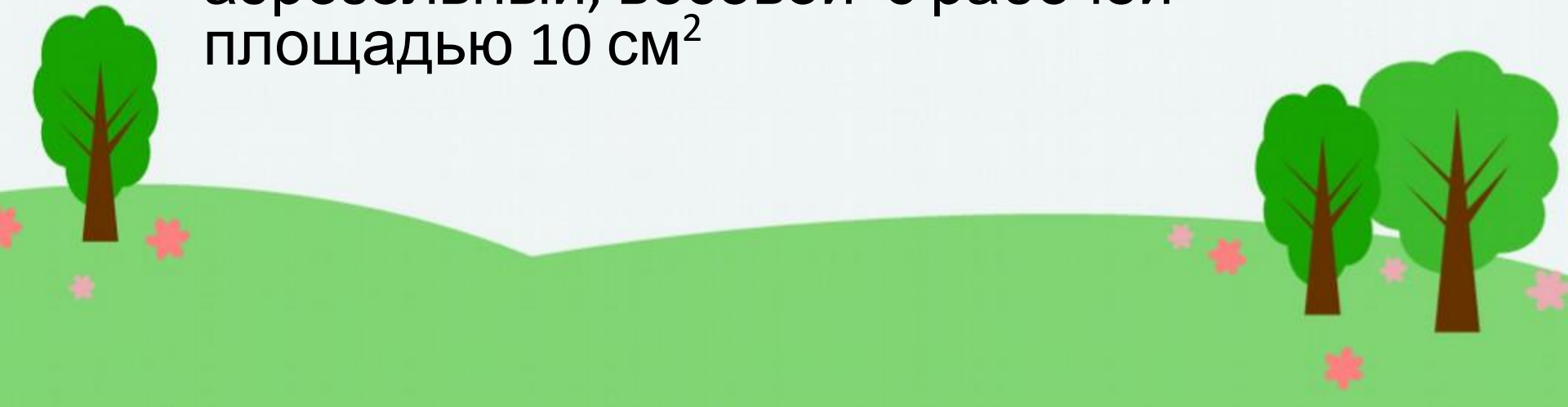
№	Наименование	Величина ПДК, мг/м ³
1	Алюминий и его сплавы (в пересчете на алюминий)	6/2
2	Аэросил, модифицированный бутиловым спиртом	3/1
3	Бокситы низкремнистые, спек	5/2
4	Керамика	5/2
5	Кремний диоксид аморфный и стеклообразный в виде аэрозоля дезинтеграции (диатомит, кварцевое стекло, плавленный кварц, трепел)	3/1
6	Силикатсодержащие пыли, силикаты, алюмосиликаты: асбесты природные (хризотил, антофиллит, актинолит, тремолит, магнезиарфведсонит)	2/0,5

Отбор проб

- Отбор проб производится на фильтры типа АФА-ВП
- Фильтр аналитический аэрозольный, весовой (массовый)

АФА-ВП-10

Это означает: Фильтр аналитический аэрозольный, весовой с рабочей площадью 10 см^2



Характеристика фильтра

- Объем аспирируемого воздуха зависит от предполагаемого содержания пыли и определяется необходимостью накопления на фильтре такого количества пыли, которое достаточно для надежного взвешивания, но не менее 1 - 2 мг и не превышает пылеемкости применяемого фильтра.
- В обоснованных случаях при измерении всей витающей пыли учитывают навески с массой менее 1 мг при прохождении через фильтр более 2 куб. м воздуха.
- При определении содержания пыли в воздухе масса навески пыли должна быть:
 - 1 - 25 мг на фильтре АФА-ВП-10, а объемная скорость (производительность) пробоотборника не должна превышать 70 куб. дм/мин.;
 - 2 - 50 мг на фильтре АФА-ВП-20, а объемная скорость (производительность) пробоотборника не должна превышать 140 куб. дм/мин.

Характеристика фильтра

- Взвешивание фильтров производят до и после отбора проб в лабораторных условиях на аналитических весах, имеющих погрешность не более $\pm 0,1$ мг.
- При первом и повторном взвешивании допускается изменение температуры воздуха в помещении в пределах ± 2 °С и относительной влажности воздуха $\pm 10\%$. Фильтры с пылью перед взвешиванием должны находиться не менее 2 ч в помещении, в котором будет производиться взвешивание.
- При отборе проб в условиях повышенной влажности (более 75%) перед повторным взвешиванием фильтры следует помещать в эксикатор на 2 ч.

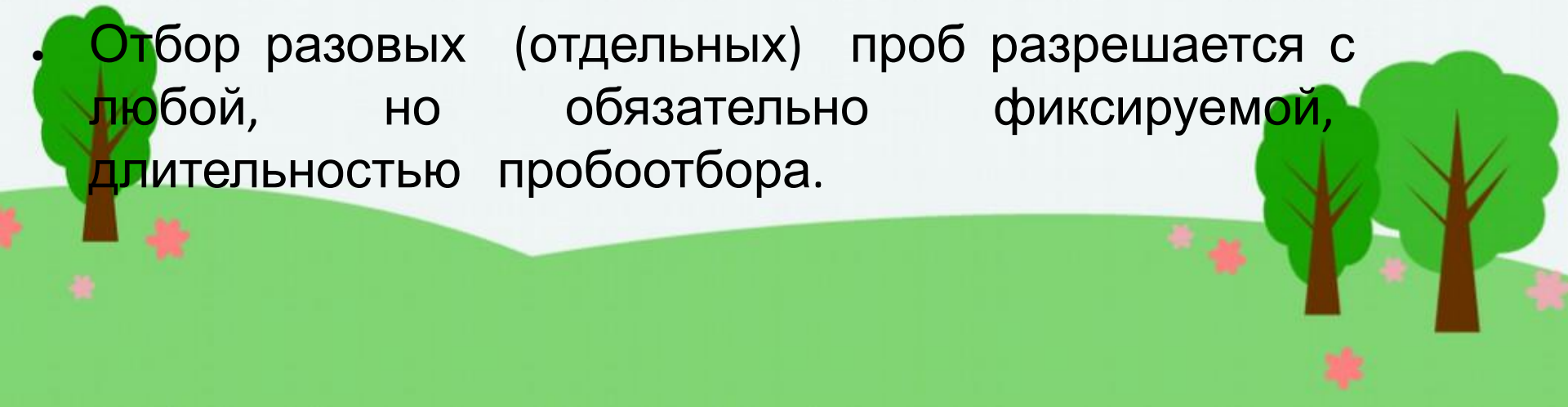


Отбор проб

- Отбор проб следует проводить с учетом требований ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» (с изм. 1) и Р 2.2.2006-05 «Общие методические требования к организации и проведению контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны»
- Для веществ преимущественно фиброгенного действия содержание вредного вещества в данной конкретной точке характеризуется 30 минутным суммарным временем отбора.
- За указанный период времени может быть отобрана одна или несколько последовательных проб через равные промежутки времени. Результаты, полученные при однократном отборе или при усреднении последовательно отобранных проб, сравнивают с величинами ПДК_{М.Р.}

Отбор проб

- Измерение среднесменной концентрации проводится в течение всей смены, но не менее 75% ее продолжительности, при условии охвата всех (не только пылеобразующих) производственных операций в течение смены, в том числе перерывов в работе и при выполнении установленной нормы выработки.
- Разрешается как непрерывный отбор проб пыли, так и дискретный.
- Отбор разовых (отдельных) проб разрешается с любой, но обязательно фиксируемой, длительностью пробоотбора.



Правила отбора

- На рабочих местах концентрацию пыли необходимо измерять в зоне дыхания или в случае невозможности такого отбора с максимальным приближением к ней воздухозаборного устройства (на высоте 1,5 м от пола при работе стоя и 1,0 м - при работе сидя). Если рабочее место не фиксировано, измерение концентрации пыли проводят в точках рабочей зоны, в которых работающий находится более 50% смены.
- При отборе пробы фильтродержатель с фильтром следует располагать так, чтобы плоскость всасывания образовывала угол 90° с направлением движения потока воздуха. Если направление воздушного потока выражено неясно, поверхность фильтра надо направлять в сторону источника пылеобразования.



Обработка результатов

- Массовую концентрацию пыли в отдельной пробе (K_n , мг/куб. м) рассчитывают по формуле:

$$K_n = \frac{(m_n - m_0) \times 1000}{V_{20}}, \text{ где}$$

K_n - концентрация всей витающей в воздухе пыли в отдельной пробе, мг/куб. м;

m_0 - масса фильтра до отбора пробы, мг;

m_n - масса фильтра (накопителя) с пылью после экстрагирования масел, мг ;

V_{20} - объем воздуха, отобранный для анализа и приведенный к стандартным условиям, куб. дм

Результаты измерений оформляют записью в журнале.

Приведение объема воздуха к стандартным условиям

$$V_{20} = \frac{V_t \cdot 293 \cdot P}{(273 + t) \cdot 101,33}$$

V_t - объем воздуха, отобранный для анализа, куб.дм.

P -барометрическое давление в месте отбора проб, кПа (101,33=760мм.рт.ст.)

t - температура воздуха в месте отбора пробы, °С



Обработка результатов

Расчет концентрации пыли в воздухе рабочей зоны для контроля соответствия максимальным разовым ПДК

$$K_{0,1} = \frac{K_1 + K_2 + \dots + K_n}{n}, \text{ где}$$

$K_{0,1}$ - среднеарифметическая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, мг/куб. м;

$K_1, K_2 \dots K_n$ - концентрации пыли по результатам измерения отдельных проб, мг/куб. м;

n - количество отобранных проб 30 мин.

При контроле за ПДК_м, полученный результат ($K_{0,1}$) сравнивают со значением ПДК_{м.р.} для данного вида пыли.

Обработка результатов

- Если время отбора отдельных проб разное в течение 15 или 30 мин. отбора, то рассчитывают средневзвешенную по времени концентрацию пыли по формуле:

$$K_{o,1} = \frac{K_1 \times t_1 + K_2 \times t_2 + \dots + K_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}, \text{ где}$$

$K_{o,1}$ - средневзвешенная концентрация пыли в воздухе рабочей зоны,, мг/куб. м;

$K_1, K_2 \dots K_n$ - концентрации пыли по результатам измерения отдельных проб, мг/куб. м;

$t_1, t_2 \dots t_n$ - время отбора отдельной пробы, мин.

- Полученный результат сравнивают с ПДК_{м.р.}

Обработка результатов

- Рассчитывают среднюю концентрацию пыли $K_{o,1}$ на каждой операции (этапы технологической стадии) по результатам отбора проб за время операции.

По результатам средних концентраций за операцию (K_o) с учетом продолжительности операции (T_o) рассчитывают среднесменную концентрацию (K_{cc}) как средневзвешенную по времени величину за смену по формуле:

$$K_{cc} = \frac{K_{o1} \times T_{o1} + K_{o2} \times T_{o2} + \dots + K_{on} \times T_{on}}{SUM T}, \text{ где}$$

$K_{o1}, K_{o2} \dots K_{on}$ - средневзвешенная концентрация за операцию, мг/куб. м;

$T_{o1}, T_{o2} \dots T_{on}$ - продолжительность операции, мин.;

$SUM T$ - продолжительность всех операций, соответствующая продолжительности рабочей смены (480 мин.).

Обработка результатов

- Для получения необходимых статистических характеристик концентраций пыли в воздухе рабочей зоны рассчитывают медиану (M_e) и стандартное геометрическое отклонение (сигма g) по формулам:

$$M_e = e^{\ln M_e}$$

где:

$$\ln M_e = \frac{\ln K_1 t_1 + \ln K_2 t_2 + \dots + \ln K_n t_n}{\text{SUM } T}, \text{ где}$$

где M_e - безразмерное среднее геометрическое значение, характеризующее концентрации пыли.

M_e делит всю совокупность значений измеренных концентраций на две равные части: 50% проб выше значения медианы, а 50% - ниже.

Обработка результатов

$$\text{сигма } g = e \sqrt{2 \ln \frac{K_{cc}}{Me}}, \text{ где}$$

где сигма g - стандартное геометрическое отклонение, являющееся показателем стабильности технологического процесса.

Если сигма $g \leq 3$, то это свидетельствует о стабильности концентраций в воздухе рабочей зоны и не требует повышенной частоты контроля;

Если сигма $g > 6$, то это свидетельствует о значительных колебаниях концентраций в течение смены и требует повышенной частоты контроля K_{cc} для данной профессиональной группы.

Измеритель массовой концентрации пыли ПРИМА-01

- Принцип действия измерителей типа «ПРИМА» основан на выделении пыли на стандартный фильтр марки АФА-ДП-3 при прокачке через него пробы воздуха и измерении массы пыли по поглощению бета-излучения.
 - Диапазон измерения от 0 до 100мг/м³



Измеритель массовых концентраций аэрозольных частиц Аэрокон

- Принцип действия – оптический нефелометрический, основан на рассеянии света. Предназначен для непрерывного измерения мгновенных значений массовой концентрации аэрозольных частиц различного происхождения и химического состава в атмосферном воздухе и в воздухе рабочей зоны.
- Диапазон измерения 0-100мг/куб.м



Пылевая нагрузка

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



Пылевая нагрузка

Класс условий труда и степень вредности при профессиональном контакте с аэрозолями преимущественно фиброгенного действия (АПФД) определяют исходя из фактических величин среднесменных концентраций АПФД и кратности превышения среднесменных ПДК



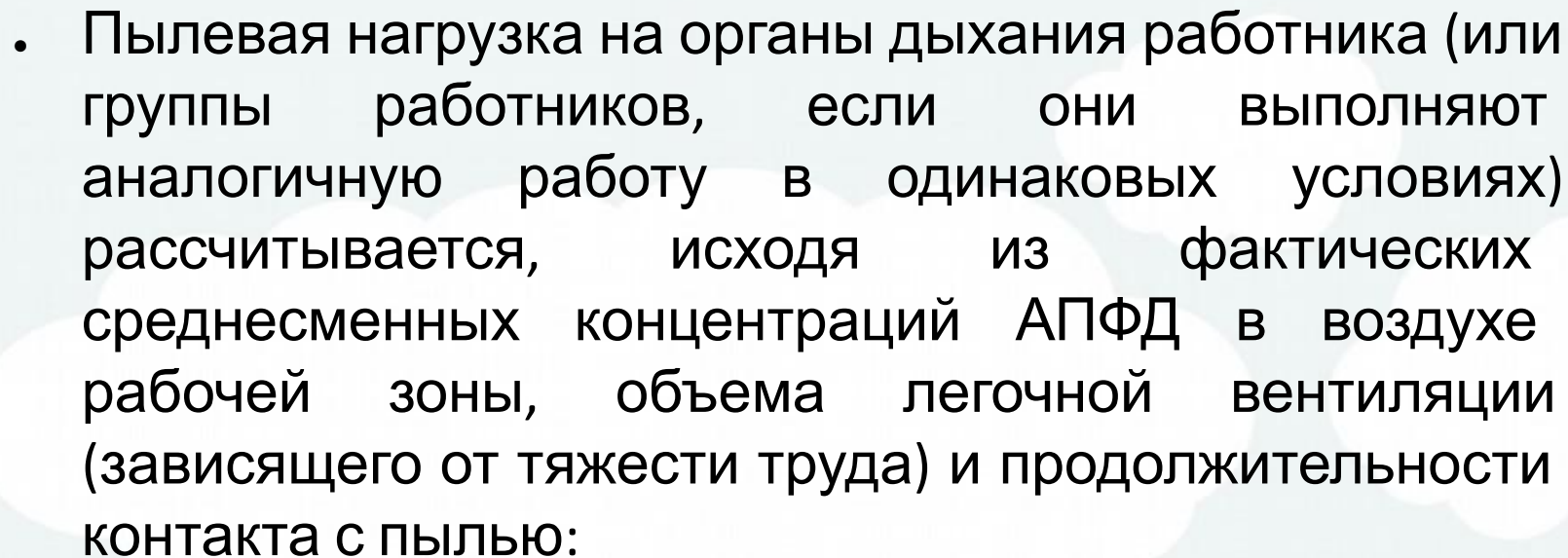
Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны АПФД, пылей, содержащих природные и искусственные волокна, и пылевых нагрузок на органы дыхания (кратность превышения ПДК и КПН)

Аэрозоли	Класс условий труда					
	допусти мый	вредный				опасн ый***
		2	3.1	3.2	3.3	
1	2	3	4	5	6	7
Высоко- и умереннофиброгенные АПФД* ; пыли, содержащие природные (асбесты, цеолиты) и искусственные (стеклянные, керамические, углеродные и др.) минеральные волокна	\leq ПДК \leq КПН	1,1 – 2,0	2,1 – 4,0	4,1 – 10	> 10	-
Слабофиброгенные АПФД**	\leq ПДК \leq КПН	1,1 – 3,0	3,1 – 6,0	6,1 – 10	>10	-

* Высоко- и умеренно фиброгенные пыли (ПДК \leq 2 мг/м³).

** Слабофиброгенные пыли (ПДК > 2 мг/м³).

*** Органическая пыль в концентрациях, превышающих 200–400 мг/м³, представляет опасность пожара и взрыва.

- 
- 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:

$$ПН = K \times N \times T \times Q, \text{ где:}$$

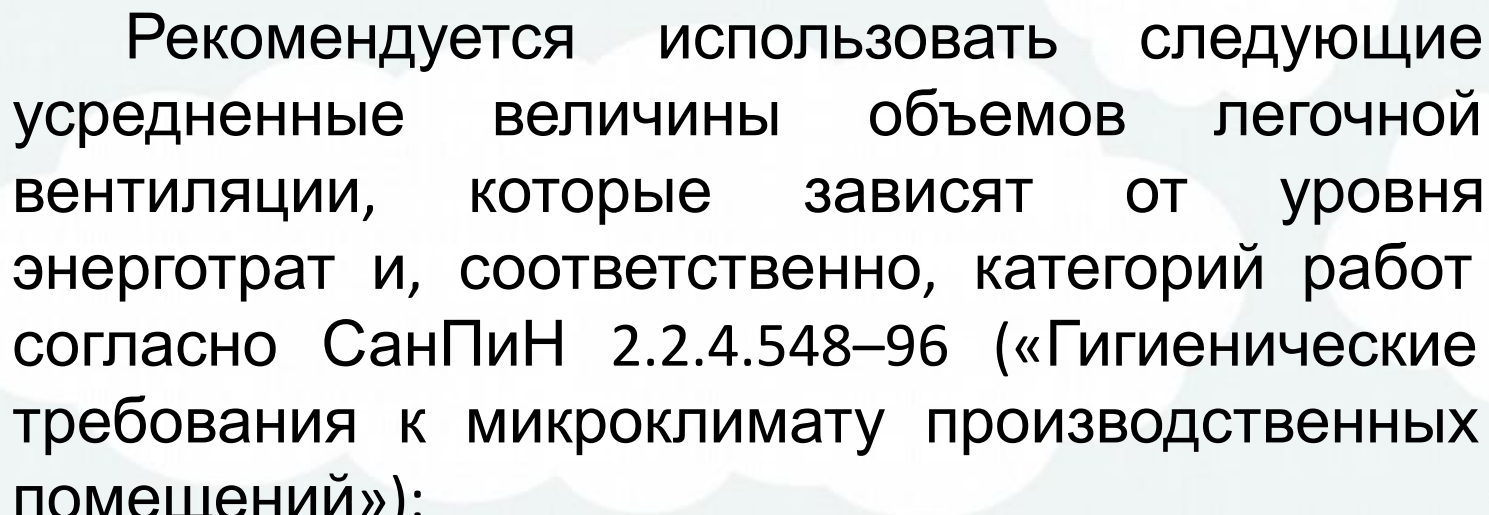
K - фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м³;

N - число рабочих смен, отработанных в календарном году в условиях воздействия АПФД;

T - количество лет контакта с АПФД;

Q - объем легочной вентиляции за смену, м³.



A bright yellow sun with a white outline is in the top right corner. Several white, fluffy clouds are scattered across the light blue sky.

Рекомендуется использовать следующие усредненные величины объемов легочной вентиляции, которые зависят от уровня энергозатрат и, соответственно, категорий работ согласно СанПиН 2.2.4.548–96 («Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»):

- для работ категории Ia –Iб объем легочной вентиляции за смену 4 м³;
- для работ категории IIa –IIб - 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.



Контрольный уровень ПН

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

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

Контрольная пылевая нагрузка

- Контрольная пылевая нагрузка для высоко- и умеренно фиброгенных пылей, рассчитанная из величины ПДК 2 мг/м³, 25 лет стажа работы и 250 рабочих смен в году составляет 120 г.
- Этот же показатель для слабофиброгенных пылей равен 600 г (расчет из величины ПДК 10 мг/м³, 25 лет стажа работы и 250 смен в году);
- КПН для асбестосодержащих пылей – 60 мг/м³ (при работе в течение 25 лет и 250 смен в году); в зависимости от поставленной задачи КПН может быть рассчитана как персонально для работника, так и для профессиональной группы.

Защита временем при воздействии АПФД

- Для оценки возможности продолжения работы в конкретных условиях труда, расчета допустимого стажа работы в этих условиях труда (для вновь принимаемых на работу) необходимо сопоставление фактических и контрольных уровней пылевой нагрузки (ПН).
- В том случае, когда фактические ПН не превышают КПН, подтверждается возможность продолжения работы в тех же условиях контрольных уровней пылевой нагрузки



Допустимый стаж работы

При превышении КПН необходимо рассчитать стаж работы (T_1), 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 работы.

$$T_1 = \frac{КПН_{25}}{K \times N \times Q}$$

T_1 – допустимый стаж работы в данных условиях;

$КПН_{25}$ – контрольная пылевая нагрузка за 25 лет работы в условиях соблюдения ПДК;

K – фактическая среднесменная концентрация пыли;

N – количество смен в календарном году;

Q – объем легочной вентиляции за смену.

Допустимый стаж работы

- При этом значение K принимается как средневзвешенная величина за все периоды работы:

$$K = \frac{K_1 \times t_1 + K_2 \times t_2 + \dots + K_n \times t_n}{\sum t}$$

$K_1 - K_n$ – фактические среднесменные концентрации за отдельные периоды работы;

$t_1 - t_n$ – периоды работы, за время которых фактические концентрации пыли были постоянны.

Величина Q рассчитывается аналогично значению K .



Спасибо за внимание!