**Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации**

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

# Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности

**Методические указания**
**МУК 4.1.2468—09**

Издание официальное

**Москва • 2009**

gost.e-ecolog.ru

**Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека**

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

# Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности

**Методические указания**
**МУК 4.1.2468—09**

ББК 51.21
И37

И37 **Измерение** массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности: Методические указания.—М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.—24 с.

1. Разработаны ФГУП «СПО «Металлургбезопасность» (С. М. Росляков – начальник ЦНИЛ, С. А. Каграманян – главный метролог ЦНИЛ, Л. С. Цизман – районный инженер филиала «ВГСЧ Урала»), ГУ НИИ медицины труда РАМН (Л. Т. Еловская).

2. Подготовлены ГУ НИИ МТ РАМН (Л. Г. Макеева, Г. В. Муравьёва).

3. Рекомендованы к утверждению Комиссией по санитарно-гигиеническому нормированию Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (протокол от 25 декабря 2009 г. № 3).

4. Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко 2 февраля 2009 г.

5. Вводятся в действие с 29 апреля 2009 г.

6. Введены взамен МУ № 4436—87 «Измерение концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия», утв. 18 ноября 1987 г. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР А. М. Скляровым.

**ББК 51.21**

Формат 60x88/16 Печ. л. 1,5

Тираж 200 экз.

Федеральная служба по надзору
в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
127994, Москва, Вадковский пер., д. 18/20

Оригинал-макет подготовлен к печати и тиражирован
отделом издательского обеспечения
Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора
117105, Москва, Варшавское ш., 19а
Отделение реализации, тел./факс 952-50-89

**© Роспотребнадзор, 2009**
**© Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009**

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,
Главный государственный санитарный
врач Российской Федерации
Г. Г. Онищенко
2 февраля 2009 г.
Дата введения: 29 апреля 2009 г.

4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

# Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности

## Методические указания МУК 4.1.2468—09

## 1. Общие положения и область применения

Настоящие методические указания устанавливают методику количественного анализа воздуха рабочей зоны для определения в нём пыли (дисперсной фазы аэрозолей) гравиметрическим методом в диапазоне массовых концентраций от 1 до 250 мг/м$^3$.

Погрешность измерений соответствуют характеристикам, приведенным в табл. 1.

Методические указания разработаны и подготовлены в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.016—79 «Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентраций вредных веществ» (с изм. 1), ГОСТ 12.1.005—88 (с изм. 1) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», ГОСТ Р 8.563—96 «ГСИ. Методики выполнения измерений» (с изм. 1 и 2) и ГОСТ Р ИСО 5725—2002 (части 1—6) «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений».

Методические указания по измерению массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности предназначены для лабораторий «ФГУЗ ЦГиЭ», санитарных лабораторий промышленных предприятий при осуществлении контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, а также

научно-исследовательских институтов и других заинтересованных министерств и ведомств.

## 2. Метрологические характеристики методики выполнения измерений

При соблюдении всех регламентных условий и проведении анализа в точном соответствии с данной методикой погрешность (и ее составляющие) результатов измерений при доверительной вероятности $P = 0,95$, не превышают значений, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

**Метрологические характеристики методики выполнения измерений**

| Диапазон измерений массовых концентраций пыли, мг/м$^3$ | Доверительные границы относительной погрешности °± $\delta$, % отн. | Предел повторяемости $r_\delta$, % отн. | Предел воспроизводимости $R_\delta$, % отн. |
|---|---|---|---|
| От 1,0 до 250 вкл. | 24 | 18 | 23 |

## 3. Метод измерений

Измерение массовых концентраций пыли основано на гравиметрическом (весовом) определении массы пыли (дисперсной фазы аэрозолей), уловленной из измеренного объема исследуемого воздуха.

Контроль содержания пыли в воздухе рабочей зоны проводится путем сравнения измеренных максимальных и среднесменных концентраций с их предельно допустимыми значениями – максимально разовыми ($ПДК_М$) и среднесменными ($ПДК_{СС}$).

Предельно допустимые концентрации (ПДК) пыли в воздухе рабочей зоны зависят от химического и минерологического состава пыли, *наличия диоксида кремния и других фиброгенных компонентов*, а также дисперсности.

Отбор проб пыли проводят на фильтры типа АФА-ВП.

Нижний предел измерения массовой концентрации пыли в воздухе зависит от точности применяемых аналитических весов (± 0,1 мг) и от объема аспирируемого воздуха.

Определение невозможно в средах, содержащих ацетон, бензол, ксилол, дихлорэтан, так как фильтры типа АФА-ВП под действием этих паров изменяют свою структуру с потерей фильтрующих свойств.

## 4. Средства измерений, вспомогательное оборудование, реактивы и материалы

### *4.1. Средства измерений*

| | |
|---|---|
| Прибор для отбора проб воздуха типа ПА-300М-2; автоматический эжекторный рудничный аспиратор АЭРА | ГОСТ Р 51945—2002; ТУ 4215-008-39906142, Госреестр № 21783-06 Ростехнадзор № 13-02-01/1440 |
| Весы лабораторные высокого (II) класса точности с пределом взвешивания от 0,1 мг до 200 г | ГОСТ 24104—2001, Госреестр № 19874-02 |
| Гири, набор (1—100) г | ГОСТ 7328-2001 |
| Термометр с ценой деления 1 °С | ГОСТ 27544—87, Госреестр № 251-90 |
| Барометр-анероид | ГОСТ 6359—75, Госреестр № 5738-76 |
| Психрометр аспирационный МВ-4М | ТУ 25.1607.054—85, Госреестр № 10069-01 |
| Анемометр крыльчатый типа АСО-3 или чашечный типа МС-13 | ГОСТ 6376—74 |
| Цилиндр мерный 2-50-2 | ГОСТ 1770—74 |
| Секундомер типа СОПпр-2а | ТУ-25-1819.0021 Госреестр № 11519-01 |

### *4.2. Вспомогательное оборудование*

| | |
|---|---|
| Шкаф сушильный электрический лабораторный типа СНОЛ-3.5.3М | ТУ 16-681.139—86 |
| Эксикатор 2-190 | ГОСТ 25336—82 |
| Стаканчик для взвешивания (бюкс) СВ-34/12 | ГОСТ 25336—82 |
| Колба коническая Кн-1-250-14/23ТС | ГОСТ 25336—82 |
| Пинцет медицинский | ГОСТ 21241—89 |
| Игла на диске металлическом для насадки фильтров и их обработки | |
| Трубка резиновая медицинская | ГОСТ 3399-76 |

### *4.3. Реактивы и материалы*

| | |
|---|---|
| Изооктан, хч | ТУ 6-09-921—76 |
| Бензин «Калоша» | ТУ 38.401-67-108—92 |
| Фильтродержатель ИРА | ТУ 95-1021—82 |
| Фильтр типа АФА-ВП-10, АФА-ВП-20 | ТУ 95-1892—89 |

Вымпел матерчатый для определения направления движения воздушных масс (ветра) на открытых площадках

Допускается применение других средств измерений, вспомогательного оборудования, реактивов и материалов с техническими и метрологическими характеристиками и квалификаций не хуже приведенных в разделе 4.

## 5. Требования безопасности

5.1. При выполнении измерений необходимо соблюдать требования техники безопасности при работе с химическими реактивами по ГОСТ 12. 1.007—76 и ГОСТ 12.1.005—88.

5.2. При работе с горючими и вредными веществами необходимо соблюдать меры противопожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004—91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009—90.

5.3. Помещение лаборатории должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать ПДК, установленных ГН 2.2.5.1313—03.

5.4. Работающие должны быть обучены правилам безопасности труда согласно ГОСТ 12.0.004—90.

5.5. Лица, производящие измерения концентрации пыли должны знать требования, предъявляемые к отбору и качеству проб, устройство применяемых приборов, а также правила безопасного поведения на рабочем месте.

5.6. Находясь на территории предприятия, следует строго выполнять указания по технике безопасности в соответствии с предупредительными надписями, световыми сигналами и плакатами. При выполнении работ и перемещении по предприятию следует руководствоваться соответствующими Правилами безопасности.

5.7. Категорически запрещается лицам, производящим отбор проб, подключать аспираторы к электросети. Эти работы должны выполняться дежурным электриком.

5.8. Переносную электропроводку следует подвешивать, а не располагать на почве, полу и т. д.

5.9. Работы, при которых нарушаются требования Правил безопасности, должны быть немедленно прекращены.

## 6. Требования к квалификации операторов

К выполнению измерений и обработке их результатов допускаются специалисты, имеющие высшее или среднее специальное образование,

опыт работы в химической лаборатории, прошедшие обучение и владеющие техникой проведения анализа, освоившие метод анализа в процессе тренировки и уложившиеся в нормативы контроля при проведении процедуры контроля погрешности анализа и имеющие стаж и опыт работы в химической лаборатории не менее 1 года.

## 7. Условия измерений

Подготовка и обработка фильтров, выполнение измерений в лаборатории, процедура контроля погрешности измерений должны проводиться в следующих условиях:

| | |
|---|---|
| температура окружающего воздуха, °С | 20 ± 5; |
| атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) | 84,0—106,7 (630—800); |
| относительная влажность воздуха, %, не более | 80; |
| напряжение питания, В | $220^{+22}_{-33}$; |
| частота, Гц | 50 ± 1. |

## 8. Подготовка к выполнению измерений

### *8.1. Подготовка эксикатора для осушки фильтров*

Для этого на дно эксикатора помещается осушитель. В качестве осушителя используются: прокаленный хлористый кальций.

### *8.2. Характеристика фильтра*

8.2.1. Аналитические аэрозольные фильтры АФА-ВП-10 и АФА-ВП-20 предназначены для определения весовой (массовой) концентрации аэродисперсных примесей. Они изготавливаются в виде дисков из перхлорвинила, устойчивы по отношению к кислотам и щелочам, гидрофобны, растворимы в ацетоне и дихлорэтане.

Температура использования фильтров типа АФА-ВП не должна превышать 60 °С.

8.2.2. Для проведения измерений с использованием фильтров АФА-ВП-10 и АФА-ВП-20 (с рабочей площадью 10 $см^2$ или 20 $см^2$) применяют улавливающее устройство, состоящее из фильтродержателя (с опорной сеткой из латуни или нержавеющей стали при нагрузке воздухом более 3 $дм^3/мин \cdot см^2$) и аспиратора, обеспечивающего прохождение воздуха через каждый фильтр с объемной скоростью от 20 до 140 $дм^3/мин$ (относительная погрешность не более ± 5 %), с точностью отсчета времени ± 0,5 с.

8.2.3. Объём аспирируемого воздуха зависит от предполагаемого содержания пыли и определяется необходимостью накопления на

фильтре такого количества пыли, которое достаточно для надёжного взвешивания, но не менее 1—2 мг и не превышает пылеёмкости применяемого фильтра.

В обоснованных случаях при измерении всей витающей пыли учитывают навески с массой менее 1 мг при прохождении через фильтр более 2 $м^3$ воздуха.

При определении содержания пыли в воздухе с использованием фильтров АФА-ВП-10 и АФА-ВП-20 масса навески пыли должна быть:

- 1—25 мг на фильтре АФА-ВП-10, а объёмная скорость (производительность) пробоотборника не должна превышать 70 $дм^3$/мин;
- 2—50 мг на фильтре АФА-ВП-20, а объёмная скорость (производительность) пробоотборника не должна превышать 140 $дм^3$/мин.

8.2.4. Взвешивание фильтров производят до и после отбора проб в лабораторных условиях на аналитических весах, имеющих погрешность не более ± 0,1 мг. При первом и повторном взвешивании допускается изменение температуры воздуха в помещении в пределах ± 2 °С и относительной влажности воздуха ± 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.

8.2.5. Перед отбором проб пыли на фильтры типа АФА необходимо выдержать их в условиях комнатной температуры и влажности и затем взвесить на аналитических весах в следующем порядке:

- извлечь из ячейки упаковочного листа защитное бумажное кольцо и фильтр. Сложить фильтр с помощью пинцета вдвое и поместить в центр чашки весов так, чтобы фильтр не выступал за ее края;
- после взвешивания фильтр осторожно расправить за опрессованные края с помощью пинцета;
- нанести номер фильтра и его массу на выступе кольца и занести эти данные в лабораторный журнал;
- приготовить таким способом необходимое количество фильтров;
- поместить собранные аналитические фильтры в ячейки упаковочного листа и перенести к месту отбора проб.

### *8.3. Подготовка прибора для отбора проб воздуха*

8.3.1. Проверить герметичность и взрывоопасность прибора, если это предусмотрено эксплутационной документацией на прибор.

8.3.2. Опробовать работу прибора в соответствии с указаниями эксплутационной документации.

### *8.4. Отбор проб воздуха*

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 (прилож. 9, обязательное) «Общие методические требования к организации и проведению контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны», п. 2 контроль соответствия максимальным ПДК и п. 3 контроль за соблюдением среднесменной ПДК.

Количество проб воздуха на **пыль фиброгенного действия (аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, далее АПФД)** для установления соответствия максимальным и среднесменным ПДК зависит от уровня запылённости воздуха, длительности отбора одной пробы, числа технологических операций и их продолжительности. При постоянном технологическом процессе рекомендуется пользоваться табл. 2.

#### *8.4.1. Контроль соответствия максимальным ПДК*

Длительность отбора одной пробы воздуха на пыль для контроля соответствия максимальным ПДК зависит от концентрации пыли в воздухе, но не должна превышать 15 мин, а для пыли преимущественно фиброгенного действия – не более 30 мин.

Если метод анализа позволяет отобрать за время технологической операции, сопровождающейся наиболее интенсивным пылеобразованием, несколько (2—3 и более) проб в течение указанного выше времени, то вычисляют среднеарифметическую (при равной длительности отбора отдельных проб) или средневзвешенную во времени (при разной длительности отбора отдельных проб) величину из полученных результатов, которую сравнивают с ПДКм для конкретного вида пыли.

Если метод анализа предусматривает отбор отдельной пробы за время, больше указанного выше, результат рассматривают как исключение.

#### *8.4.2. Контроль соответствия среднесменным ПДК*

Измерение среднесменной концентрации проводится в течение всей смены, но не менее 75 % ее продолжительности, при условии охвата всех (не только пылеобразующих) производственных операций в течении 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. При

этом, вероятностная обработка данных пылевого контроля позволяет, используя возможности логнормальной подчинённости концентраций пыли, получать исчерпывающие характеристики пылевого фактора: – $К_{мин}$, $К_{мак}$ (пределы колебания концентраций пыли); характеристику их разброса по стандартному геометрическому отклонению $\delta_g$, медиану, характеризующую, воздействием каких концентраций подвергается человек в течение смены и среднесменную концентрацию $К_{с.с.}$.

Индивидуальными пылеотборниками производится непрерывный отбор в течение всей смены.

Таблица 2

**Количество проб в зависимости от длительности отбора одной пробы**

| Длительность отбора одной пробы | Минимальное число проб |
|---|---|
| До 10 с | 30 |
| От 10 с до 1 мин | 20 |
| От 1 до 5 мин | 12 |
| От 5 до 30 мин | 4 |
| От 30 мин до 1 ч | 3 |
| От 1 до 2 ч | 2 |
| Более 2 ч | 1 |

8.4.3. 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.

8.4.4. При отборе пробы фильтродержатель с фильтром следует располагать так, чтобы плоскость всасывания образовывала угол 90 °С с направлением движения потока воздуха. Если направление воздушного потока выражено неясно, поверхность фильтра надо направлять в сторону источника пылеобразования.

8.4.5. При отборе проб в восстающих выработках фильтродержатель с фильтром допускается направлять вниз или в сторону от источника пылеобразования во избежание попадания в него воды или шлама.

8.4.6. Не следует измерять концентрацию пыли в карьере в период снегопада или дождя, а также сразу после них.

8.4.7. Для определения содержания пыли в воздухе, поступающем в карьер, измерения должны проводиться на борту, с наветренной стороны в 10 м от бровки карьера.

8.4.8. Во всех случаях измерения концентрации пыли в воздухе необходимо проводить вне зоны действия:

• отработанного сжатого воздуха от пневмомашин и механизмов;

• воздуха, выбрасываемого из электродвигателей с воздушным охлаждением;

• воздушного потока, входящего в воздуховод или выходящего из него; диспергированной жидкости и кусочков горной массы.

8.4.9. Для приведения проб к стандартным условиям:

• измерить температуру, барометрическое давление, влажность и скорость движения воздуха, а на открытых площадках определить направление потока воздуха.

8.4.10. При отборе проб воздуха необходимо:

• извлечь из обоймы и кальки фильтр за выступ защитного бумажного кольца, вставить фильтр с защитным кольцом в фильтродержатель;

• установить на штативе или подвесить в соответствии с изложенными выше требованиями фильтродержатель с фильтром и соединить его резиновыми трубками с аспиратором;

• опробовать работу установки и проверить плотность герметизации соединений фильтродержателя с аспиратором;

• включить прибор для отбора проб воздуха, установить необходимый расход воздуха в соответствии с п. 8.3.1 (в зависимости от концентрации пыли, площади фильтра, времени отбора пробы), зафиксировать время начала измерений, включить секундомер и производить отбор пробы;

• по окончании времени отбора пробы выключить прибор;

• записать в наряде или другом документе время начала и окончания отбора пробы, т. к. для дальнейшей обработки пробы важно знание длительности отбора каждой отдельной разовой пробы;

• извлечь фильтры типа АФА из фильтродержателя, каждый сложить вдвое или вчетверо (запыленной стороной внутрь) и уложить в пакет из кальки, который поместить в обойму;

• фильтры с отобранными пробами, наряд на отбор проб и прибор доставить в лабораторию.

Для сохранения уловленной пыли все эти операции проделывают, повернув фильтродержатель в вертикальное положение фильтром вверх.

В местах отбора проб, где скорость воздушного потока превышает 1,5 м/с, фильтродержатель должен иметь опорную сетку для исключения прорыва фильтра.

## 9. Выполнение измерений

9.1. После отбора пробы воздуха проводится повторное взвешивание фильтров в лаборатории на тех же весах с выполнением операций, аналогичных изложенным в 8.2.5.

При отборе проб в условиях повышенной влажности (более 75 %) перед повторным взвешиванием фильтры следует помещать в эксикатор на 2 ч и затем в течение не менее 2 ч выдерживать в условиях комнатной температуры и влажности.

9.2. Если воздух рабочей зоны загрязнен аэрозолями масел (от работы пневматических машин и механизмов), то после отбора проб с фильтров типа АФА необходимо экстрагировать масло при помощи растворителя.

В качестве вещества для экстрагирования масел следует применять бензин «калоша» или изооктан. Они хорошо растворяют масла, не реагируют с материалом фильтра, при высушивании испаряются без остатка, не являются дефицитными.

9.3. Каждый фильтр, сложенный в 1/8 загрязненной стороной внутрь, накалывают на иголку специального диска и записывают номер. Диск с фильтром помещают в бюкс, содержащий 50 $см^3$ бензина или изооктана, и выдерживают 25 мин.

Затем, повторив операцию еще два раза, промывают фильтр в новых порциях растворителя в течение такого же промежутка времени. Фильтр выдерживают на воздухе до полного испарения растворителя и помещают в эксикатор на 2 ч. Затем 2 ч выдерживают при комнатной температуре и влажности и взвешивают.

9.4. При первом и повторном взвешивании фильтров допускается изменение температуры воздуха в пределах ± 2 °С и относительной влажности воздуха ± 10 %.

9.5. Фильтры с пылью перед взвешиванием должны находиться не менее 2 ч в помещении, в котором будет проводиться взвешивание.

## 10. Вычисление результатов измерений

10.1. Массовую концентрацию пыли в отдельной пробе ($K_n$, $мг/м^3$) рассчитывают по формуле:

$$K_n = \frac{(m_n - m_0) \cdot 1000}{V_{20}}, \text{ где} \qquad (1)$$

$K_n$ – концентрация всей витающей в воздухе пыли в отдельной пробе, $мг/м^3$;

$m_0$ – масса фильтра до отбора пробы, мг;

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

$V_{20}$ – объём воздуха, отобранный для анализа и приведенный к стандартным условиям, дм$^3$ (прилож. А).

Результат анализа в документах, предусматривающих его использование, представляют в виде:

$$K \pm 0{,}01 \cdot \delta \cdot K \quad \text{при } P = 0{,}95, \text{ где} \qquad (2)$$

$K$ – среднее арифметическое значение результатов $n$ определений, мг/м$^3$;

$\delta$ – границы относительной погрешности, % (табл. 1).

Результат измерений округляют до одной значащей цифры после запятой в диапазоне измерений (1—50) мг/м$^3$ и до целых единиц – в диапазоне более (50—250) мг/м$^3$.

Результаты измерений концентрации пыли в воздухе рабочей зоны ($K_M$ и $K_{CC}$) регистрируют в журналах учёта отбора проб воздуха на пыль.

В случае, если массовые концентрации пыли в воздухе рабочей зоны ниже нижней (выше верхней) границы диапазона измерений, то производят следующую запись в журнале: «массовая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны менее 1,0 мг/м$^3$ (более 250 мг/м$^3$)».

Результаты измерений оформляют записью в журнале.

10.2. Расчёт концентрации пыли в воздухе рабочей зоны для контроля соответствия максимальным ПДК.

10.2.1. Если время отбора отдельных проб одинаково (не более 15 мин или 30 мин /для АПФД/), то расчет среднеарифметической концентрации пыли $K_{o,l}$ ведут по формуле:

$$K_{o,l} = \frac{K_1 + K_2 + \ldots + K_n}{n}, \text{ где} \qquad (3)$$

$K_{o,l}$ – среднеарифметическая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, мг/м$^3$;

$K_1$, $K_2$, …$K_n$ – концентрации пыли по результатам измерения отдельных проб, мг/м$^3$;

$n$ – количество отобранных проб за 15 или 30 мин.

При контроле за ПДК$_M$, полученный результат ($K_{o,l}$) сравнивают со значением ПДК$_M$ для данного вида пыли.

Среднеарифметические значения концентраций пыли являются характеристиками нормального закона, которому динамические концентрации пыли, как правило, не подчиняются, лучше использовать более общую формулу (4).

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

$$K_{o,l} = \frac{K_1 \cdot t_1 + K_2 \cdot t_2 + \ldots + K_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \ldots + t_n}, \text{ где} \qquad (4)$$

$K_{o,l}$ – средневзвешенная концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, мг/м$^3$;

$K_1, K_2, \ldots, K_n$ – концентрации пыли по данным отдельных проб, мг/м$^3$;

$t_1, t_2, \ldots, t_n$ – время отбора отдельной пробы, мин.

Полученный результат сравнивают с ПДК$_м$.

### *10.3. Расчётный метод среднесменной концентрации пыли в воздухе рабочей зоны*

10.3.1. Рассчитывают среднюю концентрацию пыли $K_{o,l}$ на каждой операции (этапы технологической стадии) по результатам отбора проб за время операции по формуле (4).

По результатам средних концентраций за операцию ($K_0$) с учётом продолжительности операции ($T_0$) рассчитывают среднесменную концентрацию ($K_{CC}$) как средневзвешенную по времени величину за смену по формуле:

$$K_{cc} = \frac{K_{01} \cdot T_{01} + K_{02} \cdot T_{02} + K_{0n} \cdot T_{0n}}{\sum T}, \text{ где} \qquad (5)$$

$K_{01}, K_{02}, \ldots K_{0n}$ – средневзвешенная концентрация за операцию, мг/м$^3$;

$T_{01}, T_{02}, \ldots T_{0n}$ – продолжительность операции, мин;

$\Sigma T$ – продолжительность всех операций, соответствующая продолжительности рабочей смены (480 мин).

Для достоверной характеристики воздушной среды необходимо получить данные не менее чем по трем сменам.

10.3.2. Для получения необходимых статистических характеристик концентраций пыли в воздухе рабочей зоны рассчитывают медиану ($Me$) и стандартное геометрическое отклонение ($\sigma_g$) по формулам:

$$Me = e^{\ln Me}, \text{ где} \qquad (6)$$

$$\ln Me = \frac{t_1 \ln K_1 + t_2 \ln K_2 + \ldots + t_n \ln K_n}{\sum t}, \text{ где} \qquad (7)$$

*Me* – безразмерное среднее геометрическое значение, характеризующее концентрации пыли.

*Me* делит всю совокупность значений измеренных концентраций на две равные части:

50 % проб выше значения медианы, а 50 % – ниже.

$$\sigma_g = e^{\sqrt{2\ln\frac{K_{cc}}{Me}}}, \text{ где} \quad (8)$$

$\sigma_g$ – стандартное геометрическое отклонение, являющееся показателем стабильности технологического процесса.

10.3.3. $\sigma_g \leq 3$ свидетельствует о стабильности концентраций в воздухе рабочей зоны и не требует повышенной частоты контроля; $\sigma_g > 6$ свидетельствует о значительных колебаниях концентраций в течение смены и требует повышенной частоты контроля $K_{cc}$ для данной профессиональной группы.

Пример расчёта $K_{cc}$ двумя способами (расчетным и вероятностным) приведен в прилож. Б.

## 11. Контроль качества результатов измерений при реализации методики в лаборатории

Контроль качества результатов измерений в лаборатории при реализации методики осуществляют по ГОСТ Р ИСО 5725-6. «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений», используя контроль стабильности среднеквадратического (стандартного) отклонения промежуточной прецизионности по п. 6.2.3. Проверку стабильности осуществляют с применением контрольных карт Шухарта.

Периодичность контроля стабильности результатов выполняемых измерений регламентируют в Руководстве по качеству лаборатории.

Рекомендуется устанавливать контролируемый период так, чтобы количество результатов контрольных измерений было от 20 до 30.

При неудовлетворительных результатах контроля, например, при превышении предела действия или регулярном превышении предела предупреждения, выясняют причины этих отклонений, в том числе проводят смену реактивов, проверяют работу оператора.

## 12. Нормы затрат времени на анализ

Для проведения серии анализов из 6 проб требуется 5,5 ч.

Приложение А

## Приведения объема воздуха к стандартным условиям

Приведение объема воздуха к стандартным условиям при температуре 293 К (20 °С) и атмосферном давлении 101,33 кПа (760 мм рт.ст.) производят по формуле:

$$V_{20} = \frac{V_t \cdot 293 \cdot P}{(273 + t) \cdot 101{,}33}, \text{ где} \qquad (A1)$$

$V_t$ – объем воздуха, отобранный для анализа, дм$^3$;

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

$t$ – температура воздуха в месте отбора пробы, °С.

Приложение Б

## Пример расчёта среднесменной и максимальной концентраций пыли и их характеристик (статистические показатели) в воздухе рабочей зоны (расчетный и вероятностный методы)

Технологический процесс на исследуемом участке предприятия подразделяется на несколько этапов (в данном примере на 4). Продолжительность смены – 8 ч. Продолжительность этапов технологического процесса составляет 70, 180, 150, 80 мин соответственно. Отбор проб воздуха производился в течение 3 смен. Было отобрано: в первую смену – по 2 пробы на первом, на втором и третьем этапе, 1 проба – на четвертом этапе; во вторую смену – 2 пробы на первом этапе, по 1 пробе – на втором, третьем и четвертом этапах; в третью смену – по 1 пробе на каждом этапе.

Результаты измерений концентрации пыли в воздухе рабочей зоны ($К_М$ и $К_{сс}$) регистрируют в журналах учёта отбора проб воздуха на пыль.

### Расчётный метод

Для определения среднесменной концентрации пыли расчетным методом заполняют таблицу Б1 данного приложения:

- Заполняют графы 1, 2, 3, 4, 5 таблицы Б1.
- Концентрацию пыли в отдельной пробе определяют по формуле (2) настоящей МВИ.
- Заполняют графу 7.
- Рассчитывают средние концентрации ($К_0$) для каждой операции по формулам (3) или (4) настоящей МВИ и заносят в графу 8.
- Заполняют графу 9.
- По результатам определения средних концентраций за операцию ($К_0$) и длительности операций ($Т$) рассчитывают среднесменную концентрацию ($К_{сс}$) как средневзвешенную величину за смену по формуле (5) настоящей МВИ.

Для нашего примера $К_{сс}$= 25,4 мг/м$^3$.

- Определяют статистические показатели, характеризующие процесс загрязнения воздуха рабочей зоны в течение смены:
  - минимальную концентрацию за смену ($К_{мин}$) – наименьшее значение (из графы 6) из полученных результатов;

Для нашего примера $К_{мин}$ = 4,0 мг/м$^3$;

  - максимальную концентрацию за смену ($К_{макс}$) – наибольшее значение (из графы 6) из полученных результатов;

Для нашего примера $К_{макс}$ = 155,2 мг/м$^3$;

  - медиану ($Me$) по формуле (6) настоящей МВИ;

Для нашего примера $Me$ = 18,2;

  - стандартное геометрическое отклонение ($\sigma_g$) по формуле (8) настоящей МВИ;

Для нашего примера $\sigma_g$ = 2,4.

Таблица Б1

**Результаты отбора проб воздуха для определения среднесменных концентраций расчётным методом**

***Предприятие:***
***Цех:*** ***Выработка:***
***Профессия:*** ***ФИО:***
***Пыль:***
***Отборщик проб:*** ***Дата отбора:***

| Наименование процесса | Длительность процесса $T$, мин | Длительность отбора пробы $t$, мин | Концентрация пыли в пробе $K$, мг/м³*) | Произведение $t \cdot K$ | Средняя взвешенная по времени концентрация по операции, $K_0$, мг/м³ | Статистические показатели |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| I этап | | 10 | 29,3 | 293,0 | | $K_{cc}$ = =25,5 мг/м³ |
| | | 7 | 30,1 | 210,7 | | |
| | 70 | 10 | 155,2 | 1552,0 | | |
| | | 5 | 121,0 | 605,0 | | |
| | | 5 | 133,7 | 668,5 | | $K_{max}$ = =155,2 мг/м³ |
| | | | 0,0 | 0,0 | | |
| | 70 | 37 | | 3329,2 | 90,0 | |
| II этап | | 21 | 18,2 | 382,2 | | |
| | | 38 | 9,3 | 353,4 | | |
| | 180 | 13 | 18,3 | 237,9 | | $K_{min}$ = = 4,0 мг/м³ |
| | | 15 | 20,0 | 300,0 | | |
| | | | | | | |
| | 180 | 87 | | 1273,5 | 14,6 | |
| III этап | | 10 | 31,2 | 312,0 | | |
| | | 30 | 12,2 | 366,0 | | $Me$ = 15,3 |
| | 150 | 11 | 20,4 | 224,4 | | $\sigma_g$=2,7 |
| | | 10 | 18,1 | 181,0 | | |
| | | | 0,0 | 0,0 | | |
| | | | 0,0 | 0,0 | | |
| | 150 | 61 | | 1083,4 | 17,8 | |
| IV этап | | 15 | 21,5 | 322,5 | | |
| | | 16 | 11,8 | 188,8 | | |
| | 80 | 40 | 4,0 | 180,0 | | |
| | | | 0,0 | 0,0 | | |
| | | | 0,0 | 0,0 | | |
| | | | 0,0 | 0,0 | | |
| | | | 0,0 | 0,0 | | |
| | | | 0,0 | 0,0 | | |
| | 80 | 71 | | 691,3 | 9,1 | |
| | Σ = 480 | Σ = 256 | | | | |

*) Концентрации пыли рассчитываются с приведением объёма протянутого воздуха к стандартным условиям

**Вероятностный метод обработки данных контроля**

Для расчета среднесменной концентрации пыли в воздухе рабочей зоны вероятностным методом результаты отбора отдельных проб по всем сменам вносят в табл. Б2 и Б3 данного приложения.

• Описание операций технологического процесса, их длительность, длительность отбора каждой пробы и соответствующие им концентрации вносят в табл. Б2.

• Результаты измерений концентраций пыли в порядке возрастания вносят в графу 2 табл. Б3, а в графе 3 отмечают соответствующую длительность отбора пробы. Время отбора всех проб суммируется и принимается за 100 %.

Если при отборе проб строго соблюдены условия по п. 8.4.2, то, несмотря на то, что общее время отбора всех проб может быть меньше продолжительности смены, использование закона логнормальной подчинённости распределения концентраций пыли в воздухе с помощью логарифмической вероятностной сетки позволяет получить полное представление о всех концентрациях пыли в течение всей смены.

• Далее определяют долю времени отбора каждой пробы (%) в общей длительности отбора всех проб ($\sum t$), принятой за 100 % и данные заносят в графу 4.

• Определяют накопленную частоту путем последовательного суммирования времени каждой пробы, указанной в графе 4, которая в сумме должна составить 100 % (графа 5).

• На логарифмически вероятностную сетку (рисунок 1 данного приложения) наносят значения концентраций (по оси абцисс) и соответствующие им накопленные частоты (по оси ординат) в процентах. Через нанесенные точки строится прямая.

• Определяют значение медианы (*Me*) по пересечению интегральной прямой с 50 % значением вероятности.

• Определяют значения $K_{84}$ или $K_{16}$, которые соответствуют 84 % или 16 % вероятности накопленных частот (оси ординат). Они необходимы для оценки разброса концентраций.

• Рассчитывают стандартное геометрическое отклонение ($\sigma_g$), характеризующее пределы (колебаний) концентраций по формулам:

$$\sigma_g = \left( \frac{K_{84}}{Me} + \frac{Me}{K_{16}} \right) : 2, \qquad (Б1)$$

• Значение среднесменной концентрации рассчитывают по формуле:

$$K_{cc} = e^{\ln K_{cc}}, \text{ где} \quad (Б2)$$

$$\ln K_{cc} = \ln Me + 0{,}5 \cdot \left(\ln \sigma_g\right)^2 \quad (Б3)$$

Значение максимальной концентрации за смену соответствует значению, находящемуся выше 95 % накопленных частот при 8-часовой продолжительности рабочей смены.

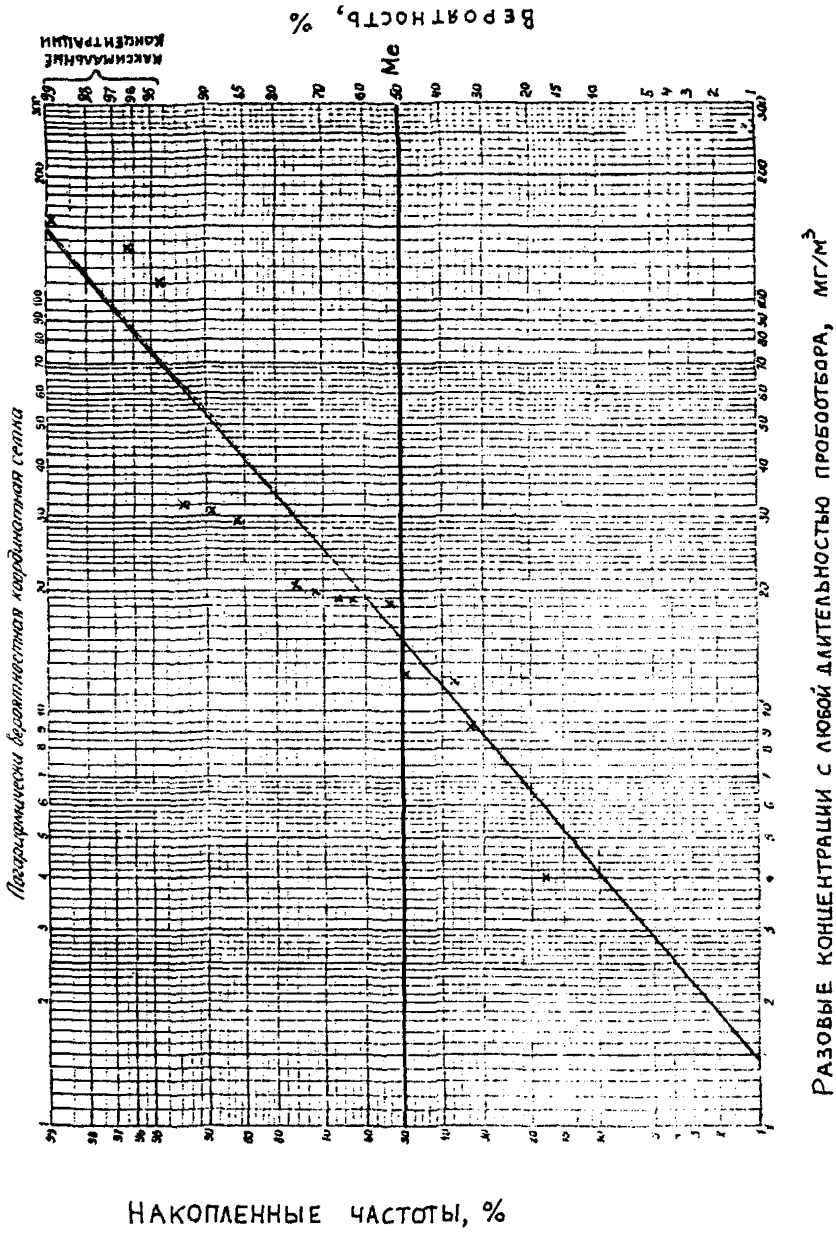
Таблица Б2

| № п/п | Наименование операции этапа производственного процесса | Длительность операции (этапа) производственного процесса, $T$, мин | Длительность отбора пробы, $t$, мин | Концентрация пыли в пробе, мг/м$^3$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | I этап | 70 | 10 | 29,3 |
| 2 | | | 7 | 30,1 |
| 3 | | | 10 | 155,2 |
| 4 | | | 5 | 121,0 |
| 5 | | | 5 | 133,7 |
| 6 | II этап | 180 | 21 | 18,2 |
| 7 | | | 38 | 9,3 |
| 8 | | | 13 | 18,3 |
| 9 | | | 15 | 20,0 |
| 10 | III этап | 150 | 10 | 31,2 |
| 11 | | | 30 | 12,2 |
| 12 | | | 11 | 20,4 |
| 13 | | | 10 | 18,1 |
| 14 | IV этап | 80 | 15 | 21,5 |
| 15 | | | 16 | 11,8 |
| 16 | | | 40 | 4,0 |

$$\sum T = 480$$

Таблица Б3

| № п/п | Концентрация в порядке ранжирования, мг/м$^3$ | Длительность отбора пробы, $t$, мин | Длительность отбора пробы, %, от общей продолжительности отбора проб | Накопленная частота, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 4,0 | 40 | 17,2 | 17,2 |
| 2 | 9,3 | 38 | 14,6 | 31,8 |
| 3 | 11,8 | 16 | 6,1 | 37,9 |
| 4 | 12,2 | 30 | 11,5 | 49,4 |
| 5 | 18,1 | 10 | 3,8 | 53,3 |
| 6 | 18,2 | 21 | 8,0 | 61,3 |
| 7 | 18,3 | 13 | 5,0 | 66,3 |
| 8 | 20,0 | 15 | 5,7 | 72,0 |
| 9 | 20,4 | 11 | 4,2 | 76,2 |
| 10 | 21,5 | 15 | 5,7 | 82,0 |
| 11 | 29,3 | 10 | 3,8 | 85,8 |
| 12 | 30,1 | 7 | 2,7 | 88,5 |
| 13 | 31,2 | 10 | 3,8 | 92,3 |
| 14 | 121,0 | 5 | 1,9 | 94,3 |
| 15 | 133,7 | 5 | 1,9 | 96,2 |
| 16 | 155,2 | 10 | 3,8 | 100,0 |
| | | $\sum t = 256$ | 100,0 | |
| Статистические показатели и их значения:<br>Пределы колебания концентраций – от 4 до 155 мг/м$^3$<br>$Me = 15,2$<br>$\sigma_g = 2,03$<br>$K_{cc} = 24,1$ | | | | |


Вероятность, %
Me
максимальные концентрации
Логарифмически вероятностная координатная сетка
Разовые концентрации с любой длительностью пробоотбора, мг/м³
Накопленные частоты, %

Библиография

1. ГОСТ 24104—2001. Весы лабораторные. Общие технические требования.

2. ГОСТ 7328—82. Меры массы общего назначения и образцовые. Технические условия.

3. ГОСТ 27544—87. Термометры жидкостные стеклянные. Общие технические условия.

4. ГОСТ 6359—75. Барографы метеорологические анероидные.

5. ГОСТ 1770—74. Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия.

6. ГОСТ 25336—82. Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Типы, основные параметры и размеры.

7. ГОСТ Р 51945—2002. Аспираторы. Общие технические условия.

8. ГОСТ 6376—74. Анемометры ручные со счетным механизмом. Технические условия.

9. ГОСТ 21241—89. Пинцеты медицинские. Общие технические требования и методы испытаний.

10. ГОСТ 12.0.004—90. Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения.

11. ГОСТ 12.1.016—79. Система стандартов безопасности труда. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентраций вредных веществ.

12. ГОСТ 12.1.019—79. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования.

13. ГОСТ 12.1.004—91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

14. ГОСТ 12.1.005—88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

15. ГОСТ 12.1.007—76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

16. ГОСТ 12.4.009—89. ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.

17. ГН 2.2.5.1313—03. Химические факторы производственной среды. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.

18. Р 2.2.2006—05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

19. ГОСТ 3399—76. Трубки медицинские резиновые. Технические условия.

20. ТУ 16-681.139—86. Шкаф сушильный лабораторный электрический. Технические условия.

21. ТУ 6-09-921—76. Изооктан. Технические условия.

22. ТУ 38.401-67-108—92. Бензин «Калоша». Технические условия.

23. ТУ 25.1607.054—85. Психрометр аспирационный. Технические условия.

24. ТУ 95 1021—82. Фильтродержатель ИРА. Технические условия.

25. ТУ 95 1892—89. Фильтры типа АФА-ВП. Технические условия.

26. МУ № 4436—87. Измерение концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия.

gost.e-ecolog.ru