

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет**

Кафедра безопасности производств

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПЫЛЬ И СРЕДСТВА ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 21.05.04*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020**

УДК 331.451 (073)

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА. Промышленная пыль и средства пылеулавливания: Методические указания к лабораторным работам. / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *В.В. Смирнякова, В.В. Смирняков*. СПб, 2020. 27 с.

Приведены характеристика промышленной пыли, действие пыли на организм человека, методы определения запыленности воздуха, мероприятия по борьбе с пылью, методика контроля запыленности воздуха и оценка условного рабочего места по пылевому фактору, а также меры безопасности при проведении лабораторной работы.

Методические указания предназначены для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Технологическая безопасность и горно-спасательное дело».

Научный редактор проф. *М.Л. Рудаков*

Рецензент канд. тех. наук *Т.А. Проломова* (АО «Гипроцветмет»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2020

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПЫЛЬ И СРЕДСТВА ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 21.05.04*

Сост.: *В.В. Смирнякова, В.В. Смирняков*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
безопасности производств

Ответственный за выпуск *В.В. Смирнякова*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 29.01.2020. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 1,6. Усл.кр.-отт. 1,6. Уч.-изд.л. 1,4. Тираж 75 экз. Заказ 47. С 14.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

ВВЕДЕНИЕ

Производственная пыль является наиболее распространенным вредным фактором производственной среды. Многочисленные технологические процессы и операции в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве сопровождаются образованием и выделением пыли, воздействию которой могут подвергаться большие контингенты работающих.

Пыль выводит из строя оборудование, снижает качество продукции, уменьшает освещенность производственных помещений, может быть причиной профессиональных заболеваний органов дыхания, поражения глаз и кожи, острых и хронических отравлений работающих.

Некоторые виды производственной пыли способны к самовозгоранию и даже взрыву, что позволяет относить пыль не только к вредным, но и опасным производственным факторам.

Нормализация условий труда по пылевому фактору на промышленных предприятиях является одной из важнейших проблем современности.

Будущим инженерам для успешного решения вопросов снижения вредного воздействия аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) на обслуживающий персонал необходимо знать и целесообразно применять методику определения запыленности и гигиенической оценки условий труда по содержанию пыли в воздухе рабочей зоны.

В методических указаниях предусмотрено выполнение контроля запыленности воздуха и гигиенической оценки условий труда по содержанию пыли в воздухе рабочей зоны.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЫЛИ

Производственной пылью называют взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей мкм. Пыль представляет собой аэрозоль, т.е. дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются твердые частицы, а дисперсионной средой — воздух.

Пыль — это физическое состояние твердого вещества. Специфической особенностью пылевидного состояния является раздробленность вещества на мельчайшие частицы и, следовательно, чрезвычайно большая поверхность твердых частиц, в связи с чем свойства пыли приобретают самостоятельное значение.

Классификация производственной пыли приведена на рис. 1. По происхождению пыль разделяют на органическую, неорганическую и смешанную. Органическая пыль может быть естественной, животного или растительного происхождения (древесная, хлопковая 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 (например, пыль злаков и почвы).

В зависимости от способа образования различают аэрозоли дезинтеграции и аэрозоли конденсации. Аэрозоли дезинтеграции образуются при механическом измельчении, дроблении и разрушении твердых веществ (бурение, дробление, размол и др.), при механической обработке изделий (шлифовка, полировка и др.). Аэрозоли конденсации образуются при термических процессах возгонки твердых веществ (плавление, электросварка и др.) вследствие охлаждения и конденсации паров металлов и неметаллов. Типичным примером образования аэрозоля конденсации из перенасыщенных паров является так называемый сварочный аэрозоль. Металл, входящий в состав стержня сварочного электрода, а также компоненты обмазки электрода и флюса в значительной мере испаряются при температуре электрической дуги, а попав в более холодную зону, конденсируются в виде мельчайших частиц оксидов железа и других элементов.

Нередко встречаются аэрозоли, дисперсная фаза которых содержит частицы, образующиеся как при измельчении, так и конденсации паров (шлифовально-полировальные, заточные работы и др.).

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. Однако общий вес пылевых частиц от 2 мкм весьма незначителен и обычно не превышает 1...3 % веса всего образца пыли.



Рис. 1. Классификация производственной пыли

Специфические свойства пыли: большая удельная поверхность, высокая адсорбционная способность, горючесть, взрывчатость, электростатическая зарядность, слипаемость, опасность для организма человека и др.

2. ДЕЙСТВИЕ ПЫЛИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Профессиональные заболевания под действием пыли относятся к числу наиболее тяжелых и распространенных во всем мире профессиональных заболеваний. Основными пылевыми профессиональными заболеваниями являются пневмокониозы, хронический бронхит и заболевания верхних дыхательных путей.

Пневмокониоз (легочный пылевой фиброз) — хроническое профессиональное заболевание легких, характеризующееся развитием фиброзных изменений в результате длительного ингаляционного воздействия фиброгенных производственных аэрозолей.

Пневмокониозы подразделяются на следующие виды:

Силикоз, обусловленный вдыханием кварцевой пыли, содержащей свободный диоксид кремния — SiO_2 . Действие кварцсодержащей пыли на организм связано с добычей полезных ископаемых, поскольку около 60% всех горных пород состоит из кремнезема.

Силикатоз, возникающий от вдыхания пыли силикатов — солей кремневой кислоты (асбестоз, талькоз, каолиноз и т.д.).

Карбокониоз, обусловленный воздействием углеродсодержащих видов пыли — каменного угля, кокса, сажи, графита.

Металлокониозы — пневмокониозы от воздействия пыли металлов и их оксидов: железа, алюминия и др. (сидероз, алюминоз).

Пневмокониозы от смешанной пыли: а) со значительным — более 10% содержанием свободного диоксида кремния; б) не имеющей в составе свободного диоксида кремния или с содержанием его до 10%.

Пневмокониозы от органической пыли: растительного (бисиноз от пыли хлопка и льна), животного и синтетического происхождения (пыль пластмасс).

Силикоз — наиболее частая форма пневмокониоза. Развивается обычно у работающих в условиях высокой запыленности, нередко при выполнении тяжелого физического труда при стаже 5 лет и более. Силикоз известен с давних пор как профессиональное заболевание горняков («чахотка горнорабочих»). Наиболее распространен среди шахтеров угольных шахт, встречается также у рабочих горнорудной промышленности, особенно у бурильщиков, крепильщиков. Силикоз — общее заболевание организма, которое сопрово-

ждается нарушением функции дыхания (одышка, кашель, боли в груди), развитием хронического бронхита, изменением обменных процессов, нарушением деятельности центральной и вегетативной нервной системы. Наиболее частое осложнение — туберкулез. Характерным для силикоза является его прогрессирующее даже после прекращения контакта с пылью.

Силикатозы. Заболевания органов дыхания под действием пыли, содержащей диоксид кремния в связанном с другими элементами (Mg, Ca, Al, Fe) состоянии. К силикатам относят многие минералы: асбест, тальк, каолин и др; искусственные соединения: слюда, цемент, стекловолокно и др. Пыль, вызывающая силикатозы, встречается во многих производствах, например, при добыче, обработке, разрыхлении, смешении, транспортировке ископаемых, производстве резины, цемента и др.

Силикатозы развиваются в более поздние сроки и менее склонны к прогрессированию и осложнению, чем силикозы. Действие силикатной пыли слабее, чем кварца. Наиболее агрессивна пыль силиката магния — асбеста — волокнистого минерала, вызывающего асбестоз. Активность пыли асбеста объясняется как механическим повреждением тканей пылевыми частицами с острыми иглоподобными краями, так и химическим действием. Нередко асбестоз осложняется хронической пневмонией, туберкулезом, раком легких.

К силикатозам относится также *талькоз*, который развивается у рабочих текстильной, резиновой, бумажной, парфюмерной, керамической и других отраслей промышленности, контактирующих с тальком 15.. 20 лет. Течение талькоза доброкачественное. Талькоз нередко осложняется хроническими бронхитами.

При высокой запыленности воздуха в шахтах у рабочих может развиться в результате вдыхания угольной пыли — *антракоз*. Течение его по сравнению с силикозом более благоприятное. Вдыхание смешанной пыли угля и породы, содержащей свободный диоксид кремния, вызывает *антракосиликоз* — более тяжелую по сравнению с антракозом форму пневмокониоза.

Металлокониозы характеризуются относительно медленным развитием и отсутствием тенденции к прогрессированию легочного фиброза. Наиболее распространены сидероз и алюминоз. Сидероз

встречается, главным образом, у рабочих доменных печей, алюминоз — у рабочих электролизных цехов по получению алюминия из бокситов и работающих с порошкообразным алюминием.

К пневмокониозам от смешанных пылей относится электросварочный пневмокониоз, пневмокониоз газорезчиков, сталеваров. Электросварочный пневмокониоз развивается у электросварщиков при длительном выполнении работ в плохо вентилируемых помещениях, когда создается высокая концентрация сварочного аэрозоля, содержащего оксид железа, соединения марганца или фтора. Работавшие жалуются на одышку при значительном физическом напряжении и сухой кашель. В целом течение пневмокониоза благоприятное.

Бериллиоз — профессиональное заболевание, развивающееся от вдыхания пыли бериллия и его соединений, отличающихся особой агрессивностью. Бериллий входит в состав некоторых минералов, из которых наиболее распространен берилл или алюмосиликат бериллия — $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$. Некоторые разновидности берилла, окращенные примесями в различные цвета, относятся к драгоценным камням. Таковы, например, зеленые изумруды, голубовато-зеленые аквамарины. Благодаря ценным качествам бериллий широко используется в промышленности: машиностроении, реакторостроении, при производстве электронной аппаратуры, радиоламп, рентгеновских трубок и т.д. За особые технические качества бериллий получил название «чудо-металл», а за коварную токсичность в ряде работ его называют «чертов металл». Объем потребляемого в промышленном производстве бериллия во всем мире постоянно увеличивается, соответственно увеличивается число лиц, подвергающихся в производственных условиях воздействию бериллия. Бериллий и его соединения обладают многообразным действием на организм человека: общетоксическим, раздражающим, аллергическим, канцерогенным. Первые проявления интоксикации могут наступать в различные сроки контакта — от нескольких дней до 10 лет и более. Иногда для развития заболевания достаточно очень короткого, даже случайного (не более 20 минут) контакта, например, при сборе металлолома. Тяжелые случаи заболевания, нередко со смертельным исходом, встречаются у живущих в непосредственной близости (на расстоя-

нии 1...2км) от бериллиевого производства и по роду работы не соприкасающихся с соединениями бериллия.

Во всех случаях развития пневмокониозов степень выраженности фиброзного процесса зависит от строения и состава действующей пыли.

Производственная пыль может быть причиной возникновения не только заболеваний дыхательных путей, но и заболеваний глаз (конъюнктивиты) и кожи (шелушение, огрубление, экземы, дерматиты).

3. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА

Методы определения запыленности воздуха разделяют на две группы:

- с выделением дисперсной фазы из аэрозоля — весовой (гравиметрический), счетный (кониметрический), радиоизотопный, фотометрический;

- без выделения дисперсной фазы из аэрозоля — фотоэлектрические, оптические, акустические, электрические.

В основу гигиенического нормирования содержания пыли в воздухе рабочей зоны положен весовой метод. Метод основан на протягивании запыленного воздуха через специальный фильтр, задерживающий пылевые частицы. Зная массу фильтра до и после отбора пробы, а также количество отфильтрованного воздуха, рассчитывают содержание пыли в единице объема воздуха.

Суть счетного способа состоит в следующем: проводится отбор определенного объема запыленного воздуха, из которого частички пыли осаждаются на специальный мембранный фильтр. После чего проводится подсчет числа пылинок, исследуется их форма и дисперсность под микроскопом. Концентрация пыли при счетном методе выражается числом пылинок в 1 см^3 воздуха.

Радиоизотопный метод измерения концентрации пыли основан на свойстве радиоактивного излучения (обычно α -излучения) поглощаться частицами пыли. Концентрацию пыли определяют по степени ослабления радиоактивного излучения при прохождении через слой накопленной пыли.

Министерством здравоохранения и социального развития утверждены нормативные документы по определению содержания пыли:

МУ № 4436-87 «Измерение концентраций аэрозолей преимущественно фиброгенного действия»;

МУ № 4945-88 «Методические указания по определению вредных веществ в сварочном аэрозоле (твердая фаза и газы)».

3.1. ИЗМЕРЕНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВЕСОВЫМ (ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ) МЕТОДОМ

При измерениях концентрации пыли предварительно взвешенный «чистый» фильтр АФА-ВП-20 (АФА-ВП-10) закрепляют в патроне (аллонже), который соединяют шлангом с аспиратором ПУ-3Э и протягивают через фильтр такое количество воздуха, чтобы навеска уловленной пыли составляла от 1,0 до 50,0 мг (для АФА-ВП-10 от 0,5 до 25,0 мг).

Аспирационный фильтр аналитический (АФА) изготавливают из фильтровальной ткани ФПП-15, имеющей заряд статического электричества. Применение аналитических фильтров типа АФА позволяет анализировать воздушную среду с высокой степенью точности. Они обладают высокой задерживающей способностью, малым аэродинамическим сопротивлением потоку воздуха, большой пропускной способностью (до 100 л/мин), небольшой массой, малой гигроскопичностью, возможностью определять концентрацию пыли независимо от ее физических и химических свойств. Для удобства обращения края фильтров опрессовывают и помещают в защитные обоймы (рис. 2).

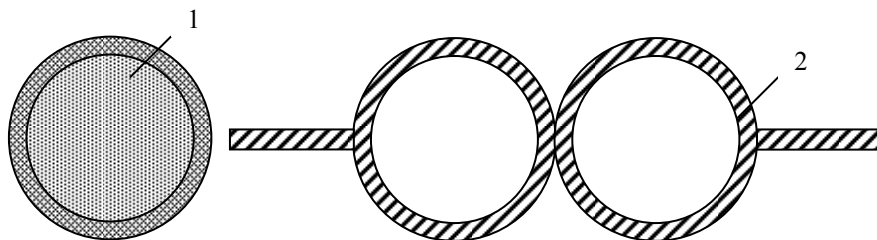


Рис. 2. Фильтр типа АФА
1 – фильтрующий материал; 2 – защитная обойма

Для отбора проб используются аспираторы. Методы и аппаратура, используемые для определения концентрации пыли, должны обеспечивать определение величины концентрации пыли на уровне 0,3 ПДК с относительной стандартной погрешностью, не превышающей $\pm 40\%$ при 95% вероятности. При этом для всех видов пробоотборников относительная стандартная ошибка определения пыли на уровне ПДК не должна превышать $\pm 25\%$. Для отбора проб рекомендуется использовать фильтры АФА-ВП-10, 20, АФА-ДП-3.

После просасывания запыленного воздуха фильтр извлекают из аллонжа, повторно взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,1 мг и определяют массу навески пыли ΔP на фильтре по разности масс «чистого» и «грязного» фильтров.

Концентрация пыли при рабочих условиях:

$$C_{p.у.} = \frac{\Delta P}{V_{зам}}, \text{ мг/м}^3 \quad (1)$$

где $\Delta P = P_k - P_n$ – масса уловленной фильтром пыли, мг; P_n и P_k – масса фильтра АФА соответственно до и после аспирации, мг; $V_{зам}$ – объем воздуха, из которого выделили пыль на фильтре, м^3 .

Одновременно с отбором проб воздуха на запыленность измеряют температуру (T , °С) и давление воздуха (B , мм рт. ст.) для приведения объема воздуха при рабочих условиях $V_{зам}$, из которого выделили пыль на фильтре, к стандартным условиям (760 мм рт. ст. и 20 °С):

$$V_{прив} = 0,386 \frac{V_{зам} \cdot B}{273 + T}, \text{ м}^3 \quad (2)$$

Тогда концентрация пыли в воздухе при стандартных условиях:

$$C = \frac{\Delta P}{V_{прив}}, \text{ мг/м}^3 \quad (3)$$

Результаты измерений и расчетов используют для санитарно-гигиенической оценки воздуха рабочей зоны по пылевому фактору, соотнося с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), а также для определения эффективности способов и средств борьбы с пылью.

4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ПЫЛЬЮ

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

Гигиеническое нормирование. Основой проведения мероприятий по борьбе с пылью является гигиеническое нормирование содержания аэрозолей в воздухе рабочей зоны. Так, например, для аэрозолей, способных вызвать выраженный пневмокониоз, ПДК не превышает 1... 2 мг/м³; для аэрозолей, оказывающих фиброгенное действие средней выраженности, — 4... 6 мг/м³, для аэрозолей с незначительной фиброгенностью — 8... 10 мг/м³. Уровень допустимого содержания пыли с выраженным токсическим действием для большинства веществ значительно меньше 1 мг/м³. В настоящее время установлены ПДК более чем для 100 видов пыли, оказывающих фиброгенное действие (табл. 1).

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (извлечение из ГН 2.2.5.3532-18)

| № по ГН | Наименование вещества | ПДК _{м.д./} ПДК _{с.с.,} мг/м ³ | Класс опасности |
|---------|--|---|-----------------|
| 27 | Алюминий и его сплавы (в пересчете на Al) | 6/2 | 3 |
| 34 | Оксид алюминия (в виде аэрозоля дезинтеграции) (глинозем, монокурудн) | -/6 | 4 |
| 1050 | Железо | -/10 | 4 |
| 1175 | Диоксид кремния аморфный в виде аэрозоля конденсации при содержании более 60% | 3/1 | 3 |
| 1176 | Диоксид кремния аморфный в виде аэрозоля конденсации при содержании от 10 до 60% | 6/2 | 3 |
| 1178 | Диоксид кремния кристаллический (кварц, кристобалит, тридимит) при содержании в пыли более 70% (кварцит, динас и др.) | 3/1 | 3 |
| 1179 | Диоксид кремния кристаллический при содержании в пыли от 10 до 70% (гранит, шамот, слюда-сырец, углеродная пыль и др.) | 6/2 | 3 |

Продолжение табл. 1

| № по ГН | Наименование вещества | ПДК _{м.р./} ПДК _{с.с.,} мг/м ³ | Класс опасности |
|--|--|---|-----------------|
| 1180 | Диоксид кремния кристаллический при содержании в пыли от 2 до 10% (горючие сланцы, медносульфидные руды) | -/4 | 3 |
| 1831 | Пыль растительного и животного происхождения: с примесью диоксида кремния от 2 до 10% | -/4 | 3 |
| | зерновая | -/2 | 4 |
| | лубяная, хлопчатобумажная, хлопковая, льняная, шерстяная, пуховая, и др. (с примесью диоксида кремния более 10%) | -/6 | 4 |
| 1875 | мучная, древесная и др. (с примесью диоксида кремния менее 2%) | | |
| | Силикатсодержащие пыли, силикаты, алюмосиликаты: | | |
| | асбесты природные и синтетические, а также смешанные асбестопородные пыли при содержании в них асбеста более 20% | 2/0,5 | 3 |
| | слюды, тальк | 8/4 | 3 |
| | стекловолокно, стекловата, вата минеральная | 6/2 | 3 |
| 2139 | цемент, оливин, апатит, глина, шамот | -/8 | 3 |
| | Углерода пыли: | | |
| | коксы каменноугольные, пековые, нефтяные, сланцевые | -/6 | 4 |
| | антрацит с содержанием свободного диоксида кремния до 5% | -/6 | 4 |
| | алмазы природные и искусственные | -/8 | 4 |
| сажи черные промышленные с содержанием бенз(а)пирена не более 35 мг/кг | -/4 | 3 | |

Технологические мероприятия. 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;
- герметизация и изоляция пылящего оборудования, работа такого оборудования под вакуумом;
- 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.

Организационные мероприятия. 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, сердечно-сосудистой системы, глаз, кожи.

Средства индивидуальной защиты — респираторы, специальные шлемы и скафандры с подачей в них чистого воздуха применяются в тех случаях, когда не удается снизить запыленность возду-

ха 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.

Медико-биологические мероприятия направлены на повышение сопротивляемости организма человека и ускорение выведения из него пыли. Сопротивляемость развитию пылевого поражения повышается при ультрафиолетовом облучении в фотариях, применении щелочных ингаляций и специального питания.

Перед выбросом в атмосферу воздух очищают от пыли с помощью различных пылеочистительных устройств.

В зависимости от содержания пыли в воздухе, ее дисперсного состава и целесообразности возврата в производство различают три степени очистки: грубую, среднюю и тонкую. Для этих целей применяют:

- устройства для грубой очистки воздуха от пыли (размерами более 100 мкм) – пылесадительные камеры, циклоны, промыватели и др.;

- устройства для средней очистки воздуха от пыли (размерами от 10 до 100 мкм) – батарейные циклоны, пенные аппараты, скрубберы Вентури и др.;

- устройства для тонкой очистки воздуха от пыли (размерами менее 10 мкм) – тканевые рукавные и рамочные пылеуловители, электрофильтры и др.

В данной работе исследуются сухие способы очистки воздуха от пыли с помощью циклона и тканевого рукавного фильтра.

Циклон представляет собой аппарат, в котором пыль улавливается за счет инерционной сепарации. Запыленный воздух тангенциально поступает через входной патрубок в верхнюю цилиндрическую часть циклона и, вращаясь, опускается в коническую часть, а затем выбрасывается через выхлопную трубу. При этом в верхней части происходит непрерывное изменение направления движения воздушно-пылевого потока, а скорость частиц, движущихся в нем, не совпадает со скоростью движения воздуха. Центробежные силы, возникающие в циклоне, отбрасывают частицы пыли к стенкам, и они оседают в пылесборнике под действием сил тяжести.

Эффективность очистки воздуха в циклоне зависит от дисперсного состава пыли, массы отдельных пылевых частиц, скорости движения воздуха во входном патрубке, конструкции и размеров циклона.

Тканевые фильтры относятся к пылеулавливающим устройствам контактного действия. При пропускании запыленного воздуха через ткань, содержащаяся в воздухе пыль задерживается в порах фильтрующего материала и на слое пыли, накапливаемом на его поверхности. По форме фильтрующей поверхности фильтры изготавливают в виде рамки (рамочные) или рукава (рукавные). В качестве фильтрующего материала применяют хлопчатобумажные ткани, фильтр-сукно, капрон, шерсть, лавсан, стеклоткань, ткань ФПП и др. Нормальная работа фильтров возможна только при периодической их регенерации.

Основными показателями работы пылеулавливающих средств являются: производительность по воздуху (пропускная способность), аэродинамическое сопротивление аппарата, общая и пофракционная эффективность пылеулавливания.

Эффективность средств очистки воздуха при отсутствии подсоса воздуха извне в процентах:

$$\eta = \frac{C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}}{C_{\text{вх}}} \cdot 100, \% \quad (4)$$

где $C_{\text{вх}}$ и $C_{\text{вых}}$ – концентрация пыли в воздухе до и после очистки (на входе в пылеуловитель и на выходе из него), мг/м^3 .

Определение эффективности при многоступенчатой очистке воздуха от пыли производится по формуле:

$$\eta_{\text{общ.}} = 1 - (1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot \dots \cdot (1 - \eta_n), \quad (5)$$

где $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ – эффективность очистки воздуха соответственно в 1-м, 2-м, n-м устройствах пылеулавливания (в нашем случае $n=2$).

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССОВ УСЛОВИЙ ТРУДА И ПЫЛЕВЫХ НАГРУЗОК НА ОРГАНЫ ДЫХАНИЯ РАБОТНИКОВ

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 (табл. 2).

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

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.

Таблица 2

**Классы условий труда по кратности превышения ПДК
и контрольной пылевой нагрузки (КПН)**

| Аэрозоли | Класс условий труда | | | | | |
|--|--------------------------|-------------|-------------|--------|-----|---------------------|
| | допустимый 2 | вредный | | | | опасный *** 4 |
| | | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 | |
| Высоко- и умеренно фиброгенные 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 (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 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:

$$ПН=C \cdot N \cdot T \cdot Q, \text{ мг} \quad (6)$$

где C – фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, $\text{мг}/\text{м}^3$; N – число рабочих смен, отработанных в календарном году в условиях воздействия АПФД; T – количество лет контакта с АПФД; Q – объем легочной вентиляции за смену, м^3 .

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 и Ib объем легочной вентиляции за смену 4 м^3 ;
- для работ категории Pa и Pb - 7 м^3 ;
- для работ категории П - 10 м^3 .

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.

$$КПН=ПДК_{cc} \cdot N \cdot T \cdot Q, \text{ мг} \quad (7)$$

где $ПДК_{cc}$ — среднесменная предельно допустимая концентрация пыли в зоне дыхания работника, $\text{мг}/\text{м}^3$. Зона дыхания — пространство радиусом $0,5 \text{ м}$ от лица работающего.

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

Кратность превышения контрольных пылевых нагрузок указывает на класс вредности условий труда по данному фактору (табл. 2).

При превышении контрольных пылевых нагрузок рекомендуется использовать принцип «защиты временем».

Для расчета допустимого стажа работы в условиях запыленности необходимо сопоставление фактических и контрольных уровней пылевой нагрузки. В случае превышения $KПН$ рассчитывают стаж работы, при котором $ПН$ не будет превышать $KПН$. При этом $KПН$ рекомендуется определять за средний рабочий стаж, равный 25 годам. Тогда допустимый стаж работы в данных условиях (T_1) определяется по формуле:

$$T_1 = \frac{KПН_{25}}{C \cdot N \cdot Q}, \text{ лет.} \quad (8)$$

6. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Лабораторную работу следует выполнять в строгом соответствии с настоящим руководством.

Запрещается проводить какие-либо работы (взвешивание фильтров, включение установки и вспомогательных устройств) без разрешения преподавателя.

При обнаружении в установке неисправности (прорыв пыли из установки, отказ устройств) немедленно прекратить все работы, выключить установку и сообщить о случившемся преподавателю.

По окончании работы выключить установку, навести порядок на рабочем месте и привести установку к исходному состоянию.

7. КОНТРОЛЬ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА И ОЦЕНКА УСЛОВНОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ПО ПЫЛЕВОМУ ФАКТОРУ

Цель работы: определение концентрации пыли весовым (гравиметрическим) методом, эффективности средств пылеулавливания и оценка воздуха рабочей зоны по пылевому фактору.

Приборы и оборудование:

- лабораторная установка, состоящая из трех камер (условных рабочих мест) с различной запыленностью воздуха; циклон и рукавный фильтр, вентиляционная установка (рис. 3);

- аспиратор ПУ-3Э, аналитические лабораторные весы, секундомер, фильтры АФА-20, аллонжи, барометр, термометр.

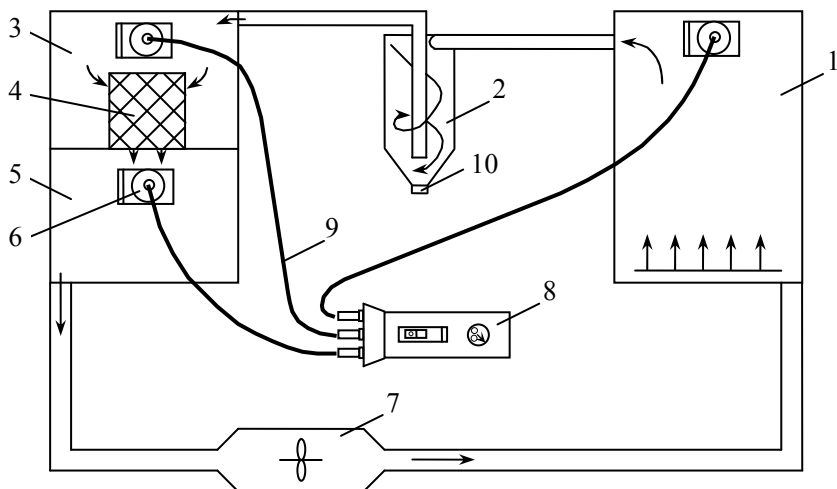


Рис. 3. Схема лабораторной установки

- 1 – камера 1 с источником пылевыведения; 2 – циклон; 3 – камера 2;
4 – тканевый рукавный фильтр; 5 – камера 3; 6 – пылеотборные отверстия с заслонками; 7 – устройство для вентиляции камер; 8 – аспирационное устройство;
9 – шланги с аллонжами; 10 – бункер с пылью

Электрический аспиратор ПУ-3Э предназначен для отбора и измерения проб атмосферного воздуха населенных мест, воздуха рабочей зоны, воздуха жилых и общественных помещений на определение содержания пыли и аэрозолей путем прокачки заданного объема пробы через поглотительные фильтры типа АФА для последующего аналитического контроля.

Условия эксплуатации aspirатора:

- температура окружающей среды от 263 К до 313 К (от -10°С до 40°С);

- относительная влажность до 98 % при температуре 25°С;

- атмосферное давление (84 – 106,7) кПа (630 – 800 мм рт.ст.).

Число параллельных каналов отбора пробы от 1 до 3.

Диапазон расхода по каждому каналу от 40 до 200 дм³/мин (л/мин).

Пределы основной относительной погрешности измерения объема пробы ± 10 % при температуре (293 ± 5) К, относительной влажности от 45 до 75 % и атмосферном давлении $(101,3 \pm 3)$ кПа $(760 \pm 22,5)$ мм рт. ст.

Время непрерывной работы от 2 до 60 мин.

Конструктивно aspirатор (рис. 4) состоит из цилиндрического корпуса, в котором расположен компрессор, стабилизатор потока и счетчик объема. Счетчик объема состоит из ветроприемника и индикатора объема. В передней части корпуса расположен раструб, на торце которого находятся пять держателей под поглощительные фильтры со штуцерами. Штуцеры поджимаются к держателю накладными гайками.

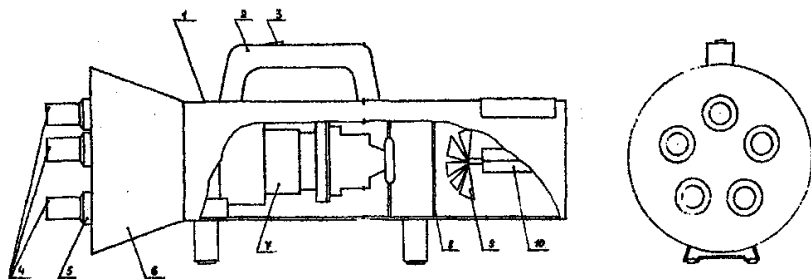


Рис. 4. Общий вид aspirатора ПУ-3Э

- 1 – корпус, 2 – ручка, 3 – сетевой переключатель, 4 – ниппели, 5 – накладные гайки, 6 – раструб, 7 – компрессор, 8 – выравнивающая сетка, 9 – ветроприемник, 10 – индикаторная головка

Работа aspirатора заключается в следующем. Анализируемый воздух прокачивается через поглотительные фильтры. С выхода компрессора воздух через сетку, предназначенную для выравнивания скорости воздушного потока, поступает на счетчик объема, на индикаторе объема которого происходит отсчет суммарного объема пробы.

7.1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с теоретическими положениями и подготовить табл. 3 для занесения результатов измерений.
2. Подготовить к работе aspirатор. Подключить aspirатор к источнику питания.
3. Проверить герметичность aspirатора. Для этого установить заглушки на входные ниппели. Зафиксировать начальные показания счетчика I_{01} . Включить aspirатор на 30 секунд, выключить прибор и зафиксировать конечные показания счетчика I_{02} . При соблюдении условия: $I_{02} - I_{01} \leq 2$ прибор герметичен и готов к работе. Результаты измерений записать в таблицу 3.

Таблица 3

Проверка герметичности aspirатора

| Время измерений, $t_{изм}$, с | Показания счетчика объема воздуха, дел. | | Разность показаний счетчика ($I_{02} - I_{01}$), дел. | Герметичность aspirатора |
|--------------------------------|---|----------|---|---|
| | I_{01} | I_{02} | | |
| | | | | <i>герметичен</i> <i>не герметичен</i> |

4. Определить массу каждого из трех фильтров АФА-20 взвешиванием на аналитических лабораторных весах. Перед взвешиванием пинцетом извлечь фильтр из конверта и из обоймы и уложить на чашку весов. Результаты взвешивания занести в табл. 3 и на обоймы фильтров, последние вложить в обоймы.

5. Подсоединить переходные шланги к входным штуцерам aspirатора. При выключенном aspirаторе установить в аллонжи фильтры в обоймах и закрепить аллонжи в пылеотборных отверстиях камер. Отверстия при этом должны быть закрыты заслонками.

6. Включить источник пылевыведения тумблером на лицевой панели установки (тумблер 1). При этом включится система

вентиляции камер. Через 1-2 минуты лабораторная установка готова к проведению измерений.

7. Зафиксировать положение стрелок счетчика объема аспиратора I_1 .

8. Открыть заслонку пылеотборного отверстия камеры 1 и одновременно включить сетевой выключатель аспиратора и секундомер.

9. По истечении расчетной продолжительности отбора проб, одновременно закрыть соответствующую заслонку пылеотборного отверстия, сетевой выключатель и секундомер. Зафиксировать новое положение стрелок счетчика объема аспиратора I_2 .

10. Для проведения отбора проб из камер 2 и 3 повторить пункты 5 – 7.

11. По окончании отбора пробы из камеры 3 выключить источник пылевыведения (тумблер 1) и извлечь из аллонжей фильтры.

12. Выполнить повторное взвешивание фильтров. При взвешивании фильтр сложить пополам запыленной стороной внутрь.

13. Измерить температуру воздуха и барометрическое давление в помещении лаборатории.

14. Рассчитать объем воздуха, измеренный аспиратором:

$$V_{\text{зам}} = (I_2 - I_1) \cdot C_{\text{калибр.}}, \text{ л},$$

где I_1 и I_2 – соответственно начальное и конечное показания счетчика объема аспиратора, дел.

$C_{\text{калибр.}}$ – калибровочная константа, $C_{\text{калибр.}} = 3,89$ л/дел.

15. Определить концентрацию пыли в каждой из трех камер (условных рабочих местах), используя результаты измерений и формулы (2)-(3). Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 4.

16. Определить эффективность средств пылеулавливания (циклона, фильтра и общую) по формулам (4)-(5).

17. Сделать вывод о соответствии измеренных на условных рабочих местах концентрациях пыли в воздухе допустимым (ПДК) и о необходимости дополнительных мероприятий, обеспечивающих защиту от пыли (для определения ПДК получить у преподавателя исходные данные о качественном и количественном составе промышленной пыли).

Таблица 4

Результаты измерений и расчетов

| Камера (место отбора проб) | Масса фильтра, мг | | Масса навески пыли ΔP , мг | $t_{\text{изм}}$, мин | Показания счетчика объ- ема воздуха, дел. | | $V_{\text{зам}}$, м^3 | В, рт. ст. | T , $^{\circ}\text{C}$ | $V_{\text{прив}}$, м^3 | C , $\text{мг}/\text{м}^3$ | ПДК, $\text{мг}/\text{м}^3$ |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------------------|---|---------------------------|--|-------|------------------------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | до отбора P_n | после отбо- ра P_k | | | I_1 | I_2 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | |

8. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА ПО СОДЕРЖАНИЮ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Цель работы: определение класса условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) и пылевых нагрузок на органы дыхания работающих.

8.1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Исходными данными для выполнения этой работы являются результаты измерений и расчетов, полученных при выполнении работы 1 (табл. 4). Принимаем, что рассчитанные значения концентраций в каждой из трех камер соответствуют среднесменным значениям концентраций.

2. Определить пылевую нагрузку на органы дыхания работника по формуле (6). Необходимые для расчета данные (количество лет контакта с АПФД; категория работ) получить у преподавателя. Среднее количество рабочих смен в году - 248.

3. Рассчитать контрольную пылевую нагрузку по формуле (7).

4. Определить класс условий труда для каждого из трех условных рабочих места в соответствии с таблицей 2.

5. В случае превышения КПН рассчитать по формуле (8) стаж работы T_1 , при котором ПН не будет превышать КПН.

6. Результаты расчетов занести в таблицу 5.

Таблица 5

Результаты расчетов

| Камера (место отбора проб) | $C, \text{ мг/м}^3$ | $\text{ПДК}, \text{ мг/м}^3$ | $\text{ПН}, \text{ мг}$ | $\text{КПН}, \text{ мг}$ | $\text{ПН} / \text{КПН}$ | Класс условий труда | Допустимый стаж работы $T_1, \text{ лет}$ |
|-------------------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |

7. Сделать вывод по результатам проведенных расчетов.

9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой промышленная пыль?
2. Какие методы определения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны Вы знаете?
3. В чем заключается весовой метод определения концентрации пыли?
4. Какие устройства и приборы используют для отбора проб воздуха на запыленность?
5. Чем определяется продолжительность отбора пробы?
6. С какой целью при определении концентрации пыли измеряют температуру и давление воздуха?
7. Перечислите основные показатели, характеризующие эффективность работы пылеуловителя.
8. Как определяется эффективность средств борьбы с пылью?
9. Как определяется класс условий труда и пылевая нагрузка на органы дыхания?
10. В чем заключается принцип «защиты временем»?

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Занько Н.Г. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] : учеб. / Н.Г. Занько, К.Р. Малаян, О.Н. Русак. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2017. 704 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92617>.

2. Потоцкий Е.П. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва : МИ-СИС, 2012. 77 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/47487>.

3. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса Р 2.2.2006-05 // Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора № 3, 2005 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/12142897/b6e274ad6eba78cee49e6763e1809abf/>.

4. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие / под ред. Л.А. Муравей. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Юнити-Дана, 2015. 431 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=119542>.

5. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.08.2019) // Собрание законодательства Российской Федерации. - 07.01.2002. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://base.garant.ru/12125268/>

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| 1. Характеристика промышленной пыли | 3 |
| 2. Действие пыли на организм человека..... | 6 |
| 3. Методы определения запыленности воздуха..... | 9 |
| 3.1. Измерение запыленности весовым (гравиметрическим) методом | 10 |
| 4. Мероприятия по борьбе с пылью | 12 |
| 5. Определение классов условий труда и пылевых нагрузок на органы дыхания работников..... | 16 |
| 6. Меры безопасности при проведении лабораторной работы... | 19 |
| 7. Контроль запыленности воздуха и оценка условного рабо- чего места по пылевому фактору..... | 19 |
| 7.1. Порядок выполнения работы..... | 22 |
| 8. Санитарно-гигиеническая оценка условий труда по содер- жанию пыли в воздухе рабочей зоны..... | 24 |
| 8.1. Порядок выполнения работы..... | 24 |
| 9. Контрольные вопросы..... | 25 |
| Рекомендательный библиографический список | 26 |