

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ, ДИСПЕРСНОСТИ ПЫЛИ И МОРФОЛОГИИ ЧАСТИЦ

Цель работы: ознакомиться с общими характеристиками пылей, воздействием их на организм человека, пожароопасными свойствами пылей, оборудованием и приборами для изучения пыли, гигиеническими нормативами по содержанию пыли; научиться определять фактическую концентрацию пыли в воздухе, дисперсность частиц и их морфологию.

Приборы и оборудование: пылевая камера НТЦ-17.55.10, аспираторы «Бриз-1» и «Бриз-2», фильтры типа АФА-ВП-10, аналитические весы, микроскоп.

1. Общие положения

1.1. Характеристика промышленных аэрозолей (пылей), влияние на организм человека

Борьба с производственной пылью представляет одну из важнейших задач гигиены труда, так как воздействию пыли может подвергаться большое число работающих.

Производственная пыль (аэрозоли) – тонкодисперсные частицы, образующиеся при различных производственных процессах и способные находиться в воздухе во взвешенном состоянии.

По характеру веществ, из которых пыль образовалась, выделяют следующие группы производственной пыли:

- **органическая:** растительная (древесная, хлопковая и др.); животная (шерстяная, костная и др.); искусственная (пыль пластмасс, резины);
- **неорганическая:** минеральная (кварцевая, силикатная и др.); металлическая (железная, алюминиевая и др.);
- **смешанная** (пыль, образующаяся при шлифовке металла, зачистке литья и др.).

Однако для гигиенической оценки пыли такая классификация недостаточна. Поэтому пользуются классификацией пыли по ее дисперсности и способу образования.

По способу образования различают:

- **аэрозоли дезинтеграций**, получаемые в результате механического измельчения материала в дробилках, мельницах, дезинтеграторах, при бурении и в других аналогичных процессах;
- **аэрозоли конденсации**, образующиеся благодаря охлаждению и конденсированию паров расплавленных масс.

По размеру мелкодисперсные частицы делят на три основные группы:

- 1) частицы с размером более 10 мкм, оседающие в неподвижном воздухе с возрастающей скоростью, недиффундирующие;

2) частицы с размером от 0,1 до 10 мкм, оседающие в воздухе с постоянной скоростью, условно называемые «туманом»;

3) частицы с размером менее 0,1 мкм, находящиеся в постоянном броуновском движении и энергично диффундирующие. Пыль такой крупности почти не оседает и по своим свойствам приближается к молекулам газа.

Характер биологического действия пыли обуславливается главным образом дисперсностью пылевых частиц. С этим фактором связана как длительность пребывания взвешенной пылевой частицы в воздушной среде, так и глубина ее проникновения в дыхательные пути. Однако при оценке влияния пыли на организм определенное значение имеют и ее физико-химическая активность, электрозаряд и другие свойства.

Известно, что частицы пыли с диаметром более 10 мкм практически не содержатся во взвешенном состоянии в неподвижном воздухе, поскольку скорость их оседания достаточно велика (например, для кварцевой частицы она составляет порядка 8 мм/с). Кроме того, такая пыль практически не проникает глубоко в органы дыхания. Она задерживается в основном в верхних дыхательных путях.

Частицы размером около 6 мкм способны проникать глубже в легкие, но они оседают главным образом в верхних бронхах. Значительная часть задержанной пыли при этом удаляется из органов дыхания при чихании и кашле.

Частицы размером менее 0,1–0,2 мкм наиболее долго могут существовать в виде аэрозоля, а, кроме того, при вдыхании запыленного воздуха проникают в самые малые по размеру бронхи легких. Тем не менее установлено, что такая пыль малопатогенна. Связано это с тем, что частицы данного размера подвержены броуновскому движению, плохо оседают на внутренних поверхностях бронхов и вновь удаляются из легких при выдохе.

Наибольшую опасность для человека представляют аэрозоли дезинтеграции с размером пылинок до 5 мкм (особенно фракция 1–2 мкм) и аэрозоли конденсации с частицами менее 0,3–0,4 мкм, наиболее глубоко проникающие и задерживающиеся в легких.

В соответствии с современными представлениями форма и консистенция частиц решающего значения на возникновение патологических изменений в организме не оказывают. Однако доказано, что с гигиенической точки зрения весьма важными характеристиками аэрозоля являются:

- **электрические свойства** пыли. Имеются данные, указывающие на то, что процент задержки в дыхательных путях электрически заряженных пылинок в 2–3 раза больше, чем нейтральных. Знак заряда не является решающим фактором в оценке токсикологии пыли;

- **химический состав** пыли влияет на ее биологическую активность. Различают *четыре вида биологического воздействия пыли*:

- 1) **фиброгенное воздействие**, т. е. свойство пыли вызывать фиброз – разрастание соединительной ткани (рубцовой ткани), которая не обладает свойством обеспечивать диффузию газов из легких в кровеносные сосуды; фиброгенность пыли зависит главным образом от содержания в ней свободной двуокиси кремния;

2) *аллергенное воздействие*, т. е. свойство пыли вызывать у человека повышенную чувствительность к повторному воздействию пыли (например, пыль канифоли, хлопка, соломы, сосны, шерсти и т. д.);

3) *токсическое воздействие*, т. е. способность некоторых видов пыли (в основном металлов) всасываться в кровь, вызывая общее отравление организма;

4) *раздражающее действие* – свойство пыли некоторых веществ вызывать раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, которое сопровождается чиханием, кашлем, местными воспалительными процессами;

• ***растворимость*** пыли в воде и тканевых жидкостях может иметь положительное и отрицательное значение. Если пыль нетоксична и действие ее на ткань сводится к механическому воздействию, хорошая растворимость такой пыли относится к благоприятным факторам, способствующим быстрому удалению ее из легких. В случае токсичной пыли хорошая растворимость является отрицательным фактором.

Аэрозоли (пыли) преимущественно фиброгенного типа действия (АПФД) – разновидность аэродисперсных систем, представленных взвешенными в газообразной среде твердыми частицами, образующимися в производственных условиях и характеризующимися при длительном воздействии их на организм развитием фиброзных изменений в легких.

Не вся пыль, попадающая в дыхательные пути, достигает легких: часть ее задерживается в верхних дыхательных путях, в первую очередь, в полости носа. Волоски слизистой оболочки носа, извилистые ходы, липкая слизь, покрывающая внутреннюю поверхность дыхательных путей, мерцательный эпителий слизистой носа являются отличными механизмами, задерживающими пылевые частицы. Значительная часть (в среднем 50%) задержанной пыли выделяется при чихании и кашле.

В легких происходит процесс фагоцитоза пылевых частиц. Фагоцитоз является защитной функцией организма и способствует очищению легких от пыли за счет захвата частиц пыли белыми кровяными тельцами (фагоцитами) и выведения их по лимфатическим узлам.

Однако при систематическом воздействии большого количества пыли этих защитных реакций организма становится недостаточно и в организме развиваются патологические изменения.

Пылевая патология является в основном легочной патологией и известна в виде профессионального заболевания – *пневмокониоза*. Однако воздействие промышленной пыли может способствовать также более частому проявлению и более тяжелому течению ряда неспецифических легочных заболеваний.

Пневмокониоз имеет ряд разновидностей, носящих название соответственно вдыхаемой пыли. Так, пневмокониоз, вызванный воздействием кварцевой пыли, т.е. свободным диоксидом кремния, называется *силикозом*, силикатами – *силикатозом*, угольной пылью – *антракозом*, железосодержащей пылью – *сидерозом*, асбестовой пылью – *асбестозом*, тальковой пылью – *талькозом*, алюминиевой пылью – *алюминозом* и т.п. К профессиональным заболеваниям, вызванным воздействием промышленных аэрозолей, относят также *металлокони-*

озы, карбокониозы, пневмокониозы от смешанной пыли, пневмокониозы от пыли пластмасс, биссиноз, хронический бронхит и др.

Наиболее фиброгенным является кристаллический кремний, менее активен аморфный, но в виде аэрозолей конденсации двуокиси кремния он не менее фиброгенен, чем кристаллический, поэтому силикоз является наиболее опасной формой пневмокониоза. Силикоз характеризуется тяжелыми склеротическими изменениями в органах дыхания. Одновременно значительные нарушения происходят в нервной, сердечно-сосудистой и лимфатической системах, в желудочно-кишечном тракте. Следовательно, силикоз – заболевание всего организма.

Силикоз характеризуется тяжелыми склеротическими изменениями в органах дыхания. Одновременно значительные нарушения происходят в нервной, сердечно-сосудистой и лимфатической системах, в желудочно-кишечном тракте. Следовательно, силикоз является заболеванием всего организма.

В процессе протекания силикоза различают три стадии.

Начальная стадия характеризуется неясно выраженной клинической картиной. Человек жалуется на одышку при физических нагрузках, сухой кашель. Установить начало заболевания можно, проведя рентген легких. На рентгенограмме видно усиление легочного рисунка, у корня легкого появляются небольшие склеротические узелки диаметром менее 1 мм, наблюдаются участки затемнения легких, поскольку в лимфатических сосудах скапливаются фагоциты вместе с захваченными ими пылевыми частицами.

На *второй стадии* заболевания у человека появляется одышка даже при ходьбе. На рентгенограмме легких видны затемнения легких в виде отчетливо проявляющихся склеротических узелков.

На *третьей стадии* заболевания наблюдается резкая одышка, свидетельствующая о значительной затрудненности работы сердца вследствие развития изменений в легких, наступают признаки недостаточности сердечно-сосудистой системы. Альвеолы легких теряют свои защитные свойства против туберкулезных палочек, поэтому на третьей стадии заболевания пневмокониозом часты осложнения в виде туберкулеза легких. В результате в легких образуются каверны, которые являются причиной кровохарканья. На рентгенограмме легких отчетливо видны крупные узелки рубцовой ткани, каверны. Эта стадия заболевания практически не поддается лечению.

Если пыль не содержит окиси кремния и нетоксична, то в результате ее вдыхания происходит механическое забивание легких пылевыми частицами. При таких формах пневмокониоза болезнь протекает в более легких формах и со временем, если человек больше не подвергается воздействию пыли, легкие самоочищаются.

Производственная пыль наряду со специфичным заболеванием – пневмокониозом может вызывать у человека ряд неспецифичных болезней дыхательных путей и других органов, например заболевания глаз (конъюнктивит), кожи (асбестовые бородавки, фурункулез, угреватость и т. д.), верхних дыхательных путей (катар верхних дыхательных путей, туберкулез легких, пневмония и т. д.).

Пыль способна адсорбировать из воздуха некоторые ядовитые вещества, поэтому сама может оказаться ядовитой. Например, угольная пыль и сажа могут адсорбировать оксид углерода, пары толуола, бензола, бензпирен и др.

Кроме вредного действия на организм человека, пыль повышает износ оборудования (главным образом трущихся частей), увеличивает брак продукции.

1.2. Нормирование содержания аэрозолей (пыли) в воздухе рабочей зоны и защита от них

Профессиональные отравления и заболевания обычно наблюдаются только при определенной концентрации вредных веществ в воздухе.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны – качественное и (или) максимальное количественное значение концентрации микроорганизма-продуцента, микробного препарата и его компонентов, вредного вещества в воздухе рабочей зоны, которое при ежедневной (кроме выходных дней) работе продолжительностью 8 ч и не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа не должно вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Рабочая зона – это пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания работающих.

ПДК пыли в воздухе рабочих помещений устанавливаются на основании специальных исследований и результатов профессиональных осмотров рабочих и утверждаются органами здравоохранения. Величины ПДК аэрозолей (пыли) в воздухе рабочей зоны устанавливаются **Гигиеническим нормативом «Показатели безопасности и безвредности микроорганизмов-продуцентов, микробных препаратов и их компонентов, вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах работающих»**, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 № 37.

Концентрация аэрозолей четвертого класса опасности (в том числе для аэрозолей по сумме смесей сложного состава) в воздухе рабочей зоны не должна превышать 10 мг/м³. Классификация вредных веществ и подробно их нормирование описаны в лабораторной работе № 4.

Для населенных мест предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе примерно от 10 до 100 раз ниже, чем ПДК в воздухе производственных помещений, где человек находится ограниченное время.

Предельно допустимые концентрации аэрозолей (пыли) некоторых веществ приведены в табл. 5.1.

Основным направлением в комплексе мероприятий по борьбе с пылью является предупреждение ее образования или поступления в воздух рабочих помещений. Важнейшее значение в этом направлении имеют мероприятия технологического характера. Технологические процессы по возможности проводятся таким образом, чтобы образование пыли было полностью исключено или, по

крайней мере, сведено до минимума. С этой целью нужно максимально заменять сухие пылящие материалы влажными, пастообразными, растворами и обработку их вести влажным способом. Если по технологическим условиям необходимо иметь материал в сухом виде, целесообразно вместо порошкообразного использовать его в виде брикетов, таблеток.

Таблица 5.1

**ПДК аэрозолей (пыли) некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны
(извлечение из ГН «Показатели безопасности и безвредности
микроорганизмов-продуцентов, микробных препаратов и их компонентов,
вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах работающих»)**

Наименование вредного вещества	ПДК, мг/м ³	Класс опас- ности	Особен- ности действия на орга- низм
1	2	3	4
Абразивный порошок из медеплавильного шлака	–/10	4	Ф
Алюминий и его сплавы (в пересчете на алюминий)	6/2	3	Ф
Аскорбиновая кислота	2	3	–
Вольфрам	–/6	4	Ф
Глюкоза	10	4	–
Доломит	–/6	4	Ф
Железо	–/10	4	Ф
Зола	–/4	3	Ф
Известняк	–/6	4	Ф
Керамика	5/2	3	Ф
Крахмал	10	4	–
Кремний диоксид кристаллический при содержании в пыли от 10 до 70% (гранит, шамот, слюда-сырец, углеродная пыль и другое)	6/2	3	Ф
Медь	1/0,5	2	–
Мышьяк, неорганические соединения (мышьяк более 40%) (по мышьяку)	0,04/0,01	1	К
Органическая пыль зерно-растительного происхождения (комбикормовая, мучная, крупяная и другая подобная пыль зернопереработки)	0,2 (по белку)	2	А
Поликарбонат	10	4	–
Пыль растительного и животного происхождения:			
с примесью диоксида кремния от 2 до 10%	–/4	4	А, Ф
зерновая	–/4	3	А, Ф
лубяная, хлопковая, хлопчатобумажная, льняная, пуховая и другая (с примесью диоксида кремния более 10%)	–/2	4	А, Ф
древесная и другая (с примесью диоксида кремния менее 2%)	–/6	4	А, Ф
хлопковая мука (по белку)	–/0,5	3	А
шерстяная (по белку)	–/0,3	2	А
льняная (по белку)	–/0,2	2	А
Пыль торфа	4	4	А, Ф
Силикатсодержащие пыли, силикаты, алюмосиликаты:			
асбестобакелит, асбесторезина	–/4	3	Ф
слюды (флагопит, мусковит), тальк, талькопородные пыли (природные смеси талька с тремолитом, актинолитом, антофиллитом и другое), содержащие до 10% свободного диоксида кремния	–/4	3	Ф

1	2	3	4
искусственные минеральные волокна (стекловолокно, стекло-вата, вата минеральная и шлаковая и другое), при средне-сменной концентрации респираторных волокон одно волокно в миллилитре и более	4/1	3	Ф
высокоглиноземистая огнеупорная глина, цемент, оливин, апатит, глина, шамот каолиновый	–/8	4	Ф
силикаты стеклообразные вулканического происхождения (туфы, пемза, перлит)	–/4	3	Ф
пыль стекла и стеклянных строительных материалов	6/2	3	Ф
Свинец и его неорганические соединения (по свинцу)	–/0,05	1	–
Сера	–/	4	Ф
Табак	3	3	А
Целлюлоза	10	4	–

Примечания:

1. Если в графе 2 приведены два гигиенических норматива, это означает, что в числителе указана максимально разовая, в знаменателе – среднесменная ПДК. Прочерк в числителе означает, что гигиенический норматив установлен в виде среднесменной ПДК. Если для вредного вещества приведен один норматив, это означает, что он установлен как максимально разовая ПДК.

2. В графе 3 указаны классы опасности вредных веществ в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности», признанным действующим на территории Республики Беларусь постановлением Комитета по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь от 17 декабря 1992 г. № 3.

3. В графе 4 для определения вредных веществ используются следующие буквенные обозначения: А – способные вызывать аллергические заболевания у работников, О – с остро-направленным действием, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе рабочей зоны, К – канцерогены, Ф – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

При невозможности полного исключения пылеобразования необходимо не допускать выделения пыли в воздух рабочих помещений. Это достигается организацией непрерывного технологического процесса в полностью герметичной или максимально закрытой аппаратуре и коммуникациях.

В местах возможного выделения пыли, у источников ее образования применяются меры пылеподавления. Наиболее распространенным мероприятием этого типа является водяное орошение, при котором пыль смачивается и быстро оседает.

Если по техническим причинам полного предупреждения образования и выделения пыли достигнуть невозможно, для пылеподавления используется вытяжная вентиляция, которая устраивается по типу местной вытяжки от мест и источников пылевыделения.

Внутренние поверхности стен, полы и другие ограждения рабочих помещений, где возможно выделение пыли, должны облицовываться гладким строительным материалом, позволяющим легко удалять, а иногда и смывать осевшую пыль. Удалять пыль следует либо влажным способом, либо аспирацией (промышленными пылесосами или отсосом в вакуумную линию).

При проведении кратковременных работ в условиях значительной запы-

ленности (ремонт, наладка пылящего оборудования) рабочие должны пользоваться индивидуальными средствами защиты, главным образом респираторами и противопылевыми очками, спецодеждой из плотной ткани с плотным прилеганием ворота, рукавов и брюк.

Следует строго следить, чтобы в условиях значительно запыленного воздуха не было открытого огня или искр. Запрещается курение, искрение электропроводов, выключателей и другого оборудования на участках со значительной запыленностью воздуха.

1.3. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей

Взвешенные в воздухе пыли способны образовывать взрывоопасные смеси с воздухом, а осевшие пыли могут гореть. По пожарной опасности пыли во много раз превосходят материалы, из которых они получены. Это объясняется большей удельной поверхностью пылей по сравнению с начальным материалом.

ГОСТ 12.1.041-83 ССБТ «Пожаровзрывобезопасность горючих пылей» дает понятие горючей пыли, перечень показателей, характеризующих ее, и методы обеспечения пожаро- и взрывобезопасности оборудования и технологических процессов при наличии в них горючих пылей.

Горючая пыль – это дисперсная система, состоящая из твердых частиц, размером менее 850 мкм, находящихся во взвешенном или осевшем состоянии в газовой среде, способная к самостоятельному горению в воздухе нормального состава.

По *горючести пыли* подразделяются на три группы – горючие, трудногорючие и негорючие:

Горючие пыли, находящиеся во взвешенном состоянии в газовой среде, характеризуются следующими показателями пожаровзрывоопасности:

- нижним концентрационным пределом распространения пламени (НКПРП);

- минимальной энергией зажигания ($W_{\min}$);

- максимальным давлением взрыва ($P_{\max}$);

- скоростью нарастания давления при взрыве ($\Delta P/\Delta \tau$);

- минимальным взрывоопасным содержанием кислорода (МВСК).

Горючие пыли, находящиеся в осевшем состоянии в газовой среде, характеризуются следующими показателями пожаровзрывоопасности:

- температурой воспламенения;

- температурой самовоспламенения ($T_{\text{св}}$);

- температурой самовозгорания;

- температурой самонагрева;

- температурой тления;

- температурными условиями теплового самовозгорания;

- минимальной энергией зажигания ($W_{\min}$);

- способностью взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами.

Определения этих показателей смотрите в лабораторной работе № 13.

Взрываемость пыли зависит от ее крупности, концентрации в воздушной среде, наличия кислорода в смеси, детонации взрыва и других факторов.

По степени взрываемости пыли делятся на три класса:

Взрываемость пыли зависит от ее крупности, концентрации в воздушной среде, наличия кислорода в смеси, детонации взрыва и других факторов.

По степени взрываемости пыли делятся на три класса:

I класс – легковоспламеняющиеся пыли, в которых происходит быстрое распространение пламени. Источник тепла для них может быть относительно невелик (пламя зажженной спички);

II класс – легковоспламеняющиеся пыли, распространение пламени в которых требует высокотемпературного источника тепла или длительно действующего источника;

III класс – пыли, пламя которых в производственных условиях не распространяется. Они малоспособны образовывать в воздухе облако или содержат большое количество негорючих веществ. Горючие пыли становятся взрывоопасными, если нижний концентрационный предел их взрываемости не превышает 65 мг/м³.

Показатели пожаровзрывоопасности некоторых горючих пылей, находящихся во взвешенном состоянии, и температура самовоспламенения горючих пылей в осевшем состоянии приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Показатели пожаровзрывоопасности пылей

Горючее вещество	НКПРП, г/м ³	$W_{\min}$, мДж	$T_{\text{св}}$, °С	P_{max} , кПа	$\frac{\Delta P}{\Delta \tau}$, кПа/с	МВСК, % об.
Полимер метилметакрилата	30	20	–	590	14 000	8
Полимер акрилнитрила	25	20	–	630	77 330	13
Смола фенольная	25	10	460	550	12 000	–
Полистирол	25	15	488	720	29 000	10
Полипропилен	32,7	3,4	395	–	–	–
Полиэтилен	12	30	440	560	–	13
Витамин С	60	20	280	610	33 200	–
Витамин А	45	80	250	570	35 000	–
Алюминий	10	0,025	470	60	63 000	2
Древесная мука	13–25	20	255	770	17 000	17
Торфяная пыль	50	41	205	250	9 200	11
Крахмал зерновой	40	30	625	770	–	10
Мука пшеничная в/с	28,8	50	380	650	13 000	11
Декстрин	40	–	400	680	19 300	10
Резиновая мука	74–79	2	377	550	20 000	14

Пожарная безопасность и взрывобезопасность оборудования и технологических процессов при наличии в них горючих пылей достигается:

– исключением образования внутри аппаратов и оборудования горючей среды;

- исполнением, применением и режимом эксплуатации аппаратов и оборудования;
- обеспечением не более допустимых величин: температуры и количества горючей пыли, концентрации кислорода или другого окислителя в пылегазовой смеси;
- обеспечением необходимой концентрации флегматизатора в воздухе;
- применением устройств аварийного сброса давления;
- применением оборудования, рассчитанного на давление взрыва;
- применением средств пожаротушения и взрывоподавления.

Снижение опасных концентраций горючей пыли должно достигаться устройством отсосов из мест ее образования и скопления.

Исключение образования внутри аппаратов и оборудования горючей среды достигается применением твердых или газообразных флегматизаторов горения.

В качестве твердых флегматизаторов горения, должны применяться негорючие порошки, добавление которых к горючей пыли делает общую смесь негорючей.

В качестве газообразных флегматизаторов могут применяться азот, двуокись углерода и другие инертные газы.

Допустимая безопасная температура нагрева поверхностей аппаратов и оборудования составляет 80% от температуры самонагрева горючих пылей, склонных к самовозгоранию, и 80% от температуры самовоспламенения пылей, не склонных к самовозгоранию.

Расчет аппаратов и оборудования на взрывоустойчивость следует производить по максимальному давлению взрыва горючих пылей.

1.4. Методы определения запыленности воздуха рабочей зоны

В связи с вышеизложенным, необходимо регулярно определять концентрацию пыли в воздухе производственных помещений.

Для определения запыленности воздуха необходимо вначале отобрать пробу воздуха из рабочей зоны, а затем выделить из нее пыль для дальнейшего исследования.

Для отбора проб воздуха существует несколько методов:

аспирационный – основан на просасывании воздуха через пористые материалы (хлопчатобумажная вата, минеральная вата, шерсть, бумажные фильтры) или жидкости (воду, масла). Однако чаще всего используют стандартные фильтры. Практически наибольшее распространение находят фильтры марок АФА-ВП-20, АФА-ХП-20, АФА-ХА-20, АФА-ВП-10, ФПП, изготовленные из различных полимерных фильтрующих материалов;

седиментационный – основан на естественном оседании пыли на стеклянные пластинки с последующим расчетом массы пыли на 1 м² поверхности;

электростатический – заключается в создании поля высокого напряжения, в котором пылевые частицы электризуются и притягиваются к электродам;

фотометрический – регистрируются пылевые частицы с помощью сильного бокового света;

радиоизотопный – основан на определении массы задержанной фильтром пыли по степени ослабления потока β -частиц, прошедших через фильтр до его запыления и после.

В настоящей работе используется один из наиболее распространенных в практике аспирационный метод отбора проб воздуха. Практически наибольшее распространение находят фильтры АФА, изготовленные из полимерных фильтрующих материалов.

Запыленность воздуха характеризуется массой пыли, содержащейся в единице объема ($\text{мг}/\text{м}^3$).

2. Экспериментальная часть

2.1. Описание установки для исследования запыленности воздуха

Установка состоит из пылевой камеры 8 и приборного отсека 1 (рис. 5.1).

Пылевая камера служит для имитации производственного помещения с запыленным воздухом.

Поворотом ручки бункера-дозатора 9 исследуемая пыль вносится в пылевую камеру, где распыляется с помощью вентилятора. На правой стенке камеры установлен фонарь, который позволяет визуально определить наличие пыли в камере. На передней стенке пылевой камеры имеется штуцер 11, служащий для отбора проб воздуха. Отбор воздуха производится патроном, в который вставляются аэрозольные фильтры АФА-В-10 или АФА-В-18, изготовленные из перхлорвинилового фильтрующего материала (ткани Петрянова).

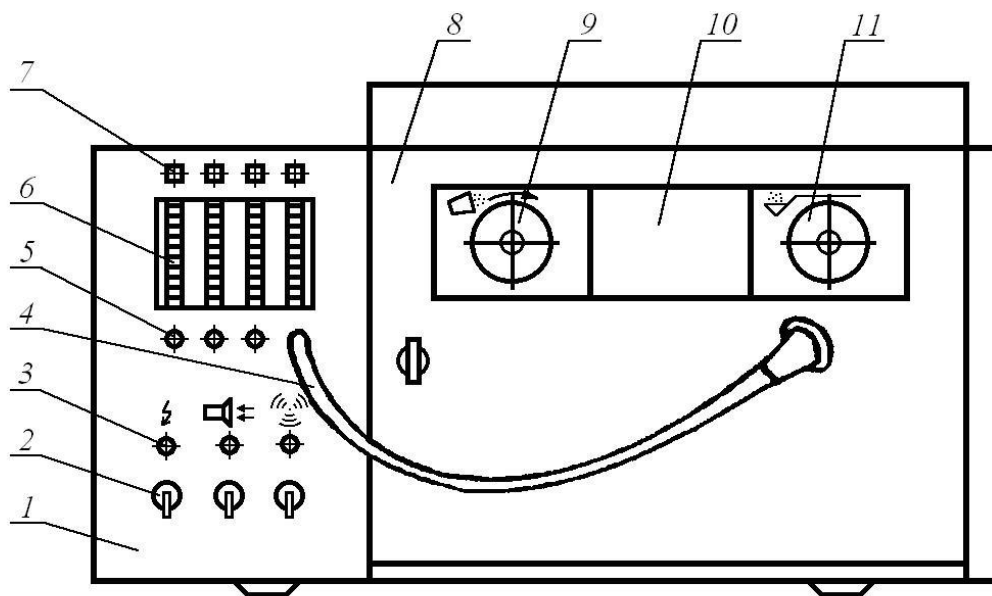


Рис. 5.1. Установка для исследования запыленности воздуха:

- 1 – приборный отсек; 2 – тумблеры; 3 – индикаторные лампы;
- 4 – прободоотборная трубка; 5 – штуцеры; 6 – ротаметры; 7 – вентили;
- 8 – пылевая камера; 9 – ручка бункера-дозатора; 10 – смотровое окно;
- 11 – прободоотборный штуцер

В приборном отсеке установлены аспиратор, позволяющий отбирать про-

бы воздуха с различной скоростью, и блок управления. В свою очередь, аспиратор состоит из воздухоудовки и 4-х ротаметров 6 (отсчет скорости движения воздуха производится по верхнему краю поплавков).

2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. Определение запыленности воздуха

1. Ознакомиться с установкой. Выяснить у преподавателя, какая пыль загружена в камеру. Включить тумблер «Сеть».

2. Взвесить фильтр с точностью до 0,1 мг.

Для этого вставьте сетевой адаптер электронных весов в розетку. Нажмите клавишу «→ 0/T ←»_{On}. При этом на короткое время засветятся все сегменты дисплея, затем индикация веса «* 0.0 mg». Если необходимо обнулить весы, кратко нажмите клавишу «→ 0/T ←»_{On}.

Откройте шторку и поместите на платформу весов фильтр. На дисплее появится масса фильтра. Если загорается индикатор «*», значит результат взвешивания стабилен. Извлеките фильтр и закройте шторку.

Чтобы выключить весы, удерживайте клавишу «Mode off» пока на дисплее не появится индикация «OFF».

3. Вставить фильтр в патрон, не присоединяя к пылевой камере. Включить тумблер «Аспиратор» и вращением ручки вентиля ротаметра 7, к которому подсоединен патрон с фильтром, установить скорость прохождения воздуха 15 л/мин. Вентили трех других ротаметров должны быть закрыты. Отключить тумблер аспиратора.

4. Подсоединить взвешенный фильтр к пылевой камере с помощью прободоборной трубки 4.

5. Включить тумблер «Вентилятор», в результате чего в камере создается запыленная среда.

6. Включить аспиратор на 5 мин по секундомеру и произвести отбор пробы воздуха.

7. Установку отключить от электросети, для чего тумблеры поставить в положение «Выкл.».

8. Достать фильтр из патрона и взвесить его.

9. Запыленность воздуха определить из выражения

$$C = \frac{(g_2 - g_1) \cdot 1000}{V \cdot t}, \quad (5.1)$$

где g_2 – масса фильтра с пробой, мг; g_1 – масса чистого фильтра, мг; V – скорость отбора пробы, л/мин; t – продолжительность отбора пробы, мин.

Результаты замеров заносятся в табл. 5.3.

Полученные результаты сопоставить с нормами (см. табл. 5.1) и нижним концентрационным пределом воспламенения если пыль горючая (см. табл. 5.2). Сделать вывод.

Результаты определения запыленности воздуха

Масса фильтра, мг		Продолжительность отбора t , мин	Показания ротаметра V , л/мин	Объем воздуха, m^3	Концентрация пыли, mg/m^3		
начальная	конечная				фактическая	ПДК	Нижний предел воспламенения

2.2.2. Определение дисперсного состава пылей

Недостатком аспирационного, да и других существующих методов является то, что они не могут дать полной гигиенической оценки пыли. Одно и то же массовое содержание пыли может быть при наличии в воздухе как небольшого количества крупных частиц, так и множества мелких. Однако поведение пыли в воздухе и действие ее на организм в зависимости от дисперсности совершенно различны.

Характер опасности пыли в зависимости от ее дисперсного состава представлен на рис. 5.2.

Как видно из рис. 5.2, частицы пыли размером 10–12 мкм практически не поступают в легкие и, следовательно, не представляют собой опасности. Максимальная задержка пыли в легких наблюдается для размеров частиц 1–2 мкм.

Поэтому данные о массовом содержании пыли в воздухе должны быть дополнены определением ее дисперсности. Для характеристики дисперсности пыли определяют процентное содержание частиц, имеющих размеры до 2 мкм, от 2 до 5 мкм, от 5 до 10 мкм и больше 10 мкм.

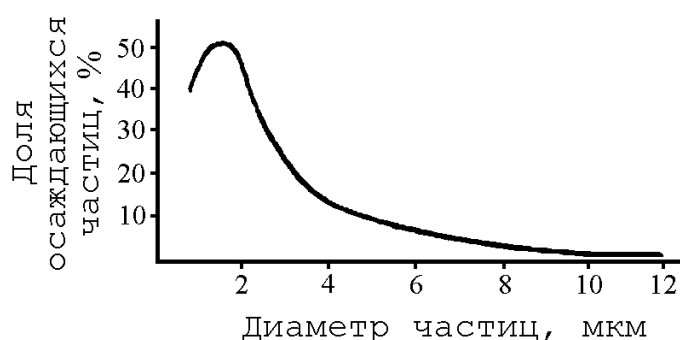


Рис. 5.2. Задержка пылевых частиц в легких в зависимости от дисперсного состава пыли

Подготовка препаратов методом просветления заключается в следующем. Фильтры АФА, использованные ранее для определения массового содержания пыли в воздухе, укладывают фильтрующей поверхностью на предметное стекло и препарат держат в течение нескольких минут над парами ацетона, подогреваемого на водяной бане, спиртовой или газовой горелке. Ткань фильтра расплавляется, приобретая вид прозрачной пленки, в которой под микроскопом хорошо видны фиксированные пылевые частицы.

Определение дисперсности методом микроскопии проводится с помощью окулярного микрометра (рис. 5.3). Он представляет собой линейку, нанесенную на стекле округлой формы, диаметр которого соответствует внутреннему диаметру трубки окуляра микроскопа.

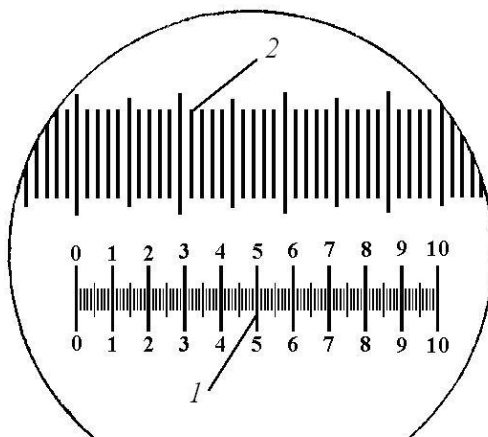


Рис. 5.3. Измерение величины окулярной микрометрической линейки:
1 – окулярная микрометрическая линейка; 2 – объектив-микрометр

Перед определением размеров пылевых частиц предварительно определяют цену деления линейки с помощью объектива-микрометра 2. Он представляет собой закрепленный в металлической пластинке стеклянный круг, на поверхности которого нанесены линии с интервалом в 10 мкм (всего на расстоянии 1 мм нанесено 100 линий). Объектив-микрометр помещают на оптический столик микроскопа и находят указанные линии под малым увеличением, центруют в поле зрения, после чего переводят под большое увеличение или иммерсию. Далее извлекают окуляр микроскопа, снимают верхнюю крышку, помещают в него окулярную микрометрическую линейку, закрывают крышку окуляра и устанавливают его в микроскоп. После чего совмещают линии объектива-микрометра с краем окулярной микрометрической линейки так, как это показано на рис. 6.3, и высчитывают цену делений линейки.

Далее пылевой препарат устанавливают на столик микроскопа вместе с объективом-микрометром и производят измерения при тех оптических условиях, при которых определена цена делений окулярного микрометра. Для этого подводят по очереди каждую пылинку подряд без выбора под линейку, определяя размер у 25–30 пылинок по наибольшему их диаметру. Результаты отмечают каким-либо знаком в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Результаты определения дисперсного состава пыли

Величина пылинок, мкм	До 2	От 2 до 5	От 5 до 10	Больше 10	Всего пылинок	Средний диаметр
Количество пылинок						
Процентное содержание					100	

Пользуясь графиком (рис. 5.2), определяют возможную задержку исследуемой пыли в легких человека.

2.2.3. Определение морфологии частиц пыли

Морфологические особенности частиц изучают методом обычной микроскопии на тех же препаратах, которые использовались для определения дисперсности пыли. При этом описывают форму частиц (округлая, неправильная, игло- или овальнообразная и т. д.), их процентное соотношение в пыли, характер поверхности, наличие волокнистых структур, конгломератов частиц, различных включений и др. Морфологическая оценка позволяет сделать выводы об устойчивости аэрозоля, вещественном составе пыли, их происхождении и возможном воздействии на организм человека.

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой производственная пыль (аэрозоли)?
2. Как классифицируются промышленные пыли?
3. Какие характеристики пыли Вы знаете?
4. Как воздействуют пыли на организм человека и от каких факторов зависит степень их воздействия?
5. Что такое ПДК пыли в воздухе рабочей зоны?
6. Какие мероприятия по борьбе с пылью можно предложить в общем случае и для конкретного производства (по специальности)?
7. Что такое горючая пыль? Ее виды.
8. Как подразделяются промышленные пыли по взрываемости?
9. Какие существуют методы отбора проб пыли из воздуха рабочей зоны?
10. Назовите показатели пожаровзрывоопасности пылей.
11. Что такое морфология частиц и каковы методы ее исследования?

Литература

1. Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности микроорганизмов-продуцентов, микробных препаратов и их компонентов, вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах работающих»: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 25 янв. 2021 г., № 37. – Введ. 06.06.2021. / Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C22100037> (дата обращения: 01.08.2026).
2. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования: ГОСТ 12.1.041-83. – Введ. 01.07.84. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 16 с.
3. Гармаза, А. К. Охрана труда: учебник для студентов по специальностям «Лесное хозяйство», «Садово-парковое строительство», «Туризм и природопользование», «Лесоинженерное дело», «Машины и оборудование лесного комплекса», «Технология деревообрабатывающих производств»: в 2 ч. / А. К. Гармаза, И. Т. Ермак, Б. Р. Ладик; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск : БГТУ, 2018. Ч. 1 – 299 с.; Ч. 2 – 170 с.