

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕОДЕЗИИ И
КАРТОГРАФИИ

Кафедра космического мониторинга и экологии

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы по курсу

«Безопасность жизнедеятельности»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА

Для студентов всех специальностей

Москва 2016

Составители: Егоров В.Н., Хабаров Д.А.

Определение запыленности воздуха

Методические указания разработаны для выполнения студентами лабораторной работы по определению запыленности воздуха в учебной аудитории.

Материалы методических указаний могут быть использованы студентами в курсовом и дипломном проектировании при рассмотрении вопросов по контролю уровня чистоты воздуха в быту и на рабочем месте.

Рецензенты: д.т.н., заведующий кафедрой «Кадастра и основ земельного права» ФГБОУ ВО МИИГАиК, Сизов А.П.;
проф., д. т. н. кафедры «Землепользования и кадастров»
ФГБОУ ВО ГУЗ, Шаповалов Д. А.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ.....	6
КЛАССИФИКАЦИЯ ПЫЛИ.....	9
ДЕЙСТВИЕ ПЫЛИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА.....	11
МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА.....	13
ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА.....	15
ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА.....	17
ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ.....	19
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	25
ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ.....	25
ЛИТЕРАТУРА.....	26

Цель работы: изучение седиментации аэродисперсных систем и методов визуального измерения массовой концентрации полидисперсной пыли в воздухе, определения ее дисперсного состава, среднего размера и формы частиц с использованием машинного зрения и цифровой микроскопии.

Учебные вопросы: 1. Изучение аппаратуры для определения уровня запыленности воздуха; 2. Классификация аэродисперсных систем; 3. Расчет объема воздуха и концентрации пыли в воздухе; 4. Оценка эффективности работы фильтра в лабораторной установке и сравнение полученных результатов с ПДК по ГОСТ12.1.005-88.

Порядок выполнения лабораторной работы: 1. Ознакомление с основными сведениями об аэрозолях, их подразделении, а также об измерениях уровня запыленности воздуха; 2. Изучение порядка работы на лабораторном стенде «Запыленность воздуха»; 3. Измерение уровня запыленности воздуха путем засыпки пыли в специальную камеру; 4. Построение необходимых графиков; 5. Подсчет частиц пыли, оставшихся на специальном фильтре, с помощью цифрового микроскопа; 6. Заполнение соответствующих таблиц на основании полученных данных; 7. Предоставление отчетов о результатах выполнения лабораторной работы.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсификация и рост объемов производства, обусловленные научно-техническим прогрессом и резким увеличением населения Земли, несмотря на усовершенствование технологии и техники очистки газовых выбросов и экономические санкции против предприятий, загрязняющих атмосферу, повлекли увеличение общей массы выбросов вредных веществ. Первое место занимают здесь аэрозоли – аэродисперсные системы, состоящие из твердых или жидких частиц, взвешенных в воздушной среде. В свою очередь аэрозоли делятся на пыли, дым и туман. В настоящее время невозможно вести эффективное производство во многих отраслях промышленности без ущерба для окружающей среды, в частности в металлургии, горной промышленности, производстве строительных материалов без постоянного мониторинга пылегазовых выбросов в атмосферу.

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 людей. В горнорудной промышленности значительное количество пыли возникает во время бурения и при взрывных работах, в угольной – при работе комбайнов и породопогрузочных машин, при сортировке угля и т.д. Вся промышленность строительных материалов связана с процессами дробления, помола, смешения и транспортировки пылевидного сырья и продукта (цемент, кирпич, шамот и др.). В нефтяной и газовой промышленности пыль образуется при бурении скважин, проведении электросварочных работ, при неполном сгорании топлива. В химической и нефтехимической промышленности многие производства (например, катализаторное) также связаны с пылеобразованием. В сельском хозяйстве пыль образуется при рыхлении и удобрении почвы, использовании порошкообразных пестицидов, очистке зерна и семян, хлопка, льна и др. 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 работников. Некоторые виды производственной пыли способны к самовозгоранию и даже взрыву, что позволяет относить пыль не только к вредным, но и опасным производственным факторам. Поэтому борьба с пылью является важной гигиенической и социально-экономической задачей.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Как уже было сказано ранее, **аэрозолями** называют системы, в которых дисперсной средой является газ, а дисперсной фазой – твердые (пыль) или жидкие (туман) частицы.

Пыль – это аэрозольная система, образованная твердыми частицами диспергационного происхождения. Такие частицы образуются при измельчении твердых тел – дроблении руд и различных материалов, механической обработке металлов и других веществ, при их транспортировке, перегрузке и хранении, ветровой эрозии почвы и ее сельскохозяйственной обработке и т. д.

Дым – аэрозоли с твердыми частицами, образовавшимся в результате конденсации перенасыщенных паров, например, при плавке металлов, их сварке, горении органических веществ, а также в результате химико-технологических процессов. Иногда дым содержит некоторое количество жидких аэрозольных частиц.

Туман — атмосферное явление, скопление воды в воздухе образованное мельчайшими частичками водяного пара (при температуре воздуха выше -10°C — капельки воды, при $-10..-15^{\circ}\text{C}$ — смесь капелек воды и кристалликов льда, при температуре ниже -15°C — кристаллики льда, сверкающие в солнечных лучах или в свете луны и фонарей) ^[1].

Перечислим известные *свойства пыли*: **1. Смачиваемость пыли.** Различные виды промышленной пыли обладают различной смачиваемостью,

которая оказывает существенное влияние на эффективность мокрых пылеуловителей, особенно при работе с рециркуляцией. Гладкие частицы смачиваются лучше, чем частицы с неровной поверхностью, т. к. последние в большей степени оказываются покрытыми абсорбированной газовой оболочкой, затрудняющей смачивание. Смачиваемость определяют методом пленочной флотации. Он заключается в том, что в сосуд с дистиллированной водой высыпают навеску пыли. Определяют количество осевшей (затонувшей) пыли. О смачиваемости пыли судят по доле затонувших частиц; **2. Электрические свойства пыли** влияют на эффективность работы электрофильтров, а также на поведение пыли в газоходах и в пылеулавливающих аппаратах, на взрывоопасность и адгезионные свойства, в том числе и на сыпучесть пыли. Электрические свойства пыли зависят от физико-механических и химических свойств (форма, дисперсность и так далее), а также от внешних факторов – температуры, влажности и тому подобное. Основными электрическими свойствами пыли являются удельное электрическое сопротивление и электрический заряд пыли; **3. Горючесть и взрываемость пыли.** Способность образовывать с воздухом взрывоопасную смесь и способность к воспламенению являются важнейшими отрицательными свойствами многих видов пыли. Пыль, находящаяся во взвешенном состоянии в воздухе помещений, взрывоопасна. Осевшая пыль (гель) пожароопасна.

Коагуляция (агрегирование, агломерация) - укрупнение взвешенных частиц. Этот процесс происходит в результате взаимодействия частиц под влиянием различного рода физических факторов. Наибольшая роль в коагуляции принадлежит молекулярным силам и силам электрического притяжения.

Наиболее крупными источниками пыли и других веществ в окружающую атмосферу на металлургических предприятиях и в литейных цехах машиностроения являются: 1) участки складирования и переработки шихты и

формовочных материалов; 2) вагранки, электродуговые и индукционные печи; 3) участки выбивки и очистки литья.

Плотность частиц пыли. Плотность – масса единицы объема, кг/м³ или г/см³. От плотности частиц пыли зависит эффективность ее осаждения в гравитационных и центробежных пылеуловителях. Существует: *истинная плотность* (масса единицы объема частиц, не имеющих пор); *кажущаяся плотность* (масса единицы объема частиц, включая объем закрытых пор); *объемная плотность* (масса единицы объема частиц, включая объем закрытых и открытых пор); *насыпная плотность* (масса единицы объема уловленной пыли, свободно насыпанной в какую - либо емкость непосредственно после ее заполнения); *насыпная плотность при встряхивании* (масса единицы объема пыли при самой плотной упаковке частиц, достигаемой путем встряхивания).

Под *удельной поверхностью пыли* понимают отношение поверхности всех частиц к их массе или объему. Значение удельной поверхности позволяет судить о дисперсности пыли. От удельной поверхности зависят многие свойства пыли и пылевидных материалов, например, прочность бетона, горение пылевидного топлива. Определение удельной поверхности пыли основано на зависимости ее воздухопроницаемости от слоя пыли (пылевидного материала).

Содержание влаги в пыли выражает влагосодержание или влажность.

Влагосодержание – отношение количества влаги в пыли к количеству абсолютно сухой пыли.

Влажность – отношение количества влаги в пыли ко всему количеству пыли.

Способность пыли впитывать влагу зависит от химического состава, размера, формы и степени шероховатости поверхности частиц. Гигроскопичность способствует их улавливанию в аппаратах мокрого типа.

Дисперсный состав - распределение частиц аэрозолей по размерам. Наибольший и наименьший размеры частиц характеризуют диапазон

дисперсности данной пыли. Крупная пыль оседает из газового потока быстрее мелкой и может быть уловлена в аппарате простейшего типа. Для очистки газа от мелкой пыли зачастую требуется не один, а несколько аппаратов, установленных последовательно по ходу газов. Рассеивание пылевых частиц в воздухе также, в значительной мере, определяется дисперсным составом пыли.

Система аспирации – это пылеотсасывающая вентиляция, удаляющая воздух с содержанием пыли более 1 кг в 1 м³.

Концентрация пыли в воздухе хранилищ не должна превышать санитарных норм, установленных ГОСТ 7.50-2002: максимально разовая концентрация пыли в воздухе помещений — 0,5 мг/м³, среднесуточная — 0,15 мг/м³. Воздух в помещении примерно в 5 раз запыленнее уличного. Внутри помещений пыль образуется при старении, разрушении и истирании стен, пола, различных материалов. В фондохранилищах источниками пыли являются также и стирающиеся в процессе хранения и использования документы.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПЫЛИ

В зависимости от *происхождения* различают *пыль естественного происхождения* и *промышленного*. Источниками пыли естественного происхождения являются: *вулканические извержения (вулканическая пыль), пыльные бури, лесные (мелкий пепел), степные, торфяные пожары, разрушение и выветривание горных пород, испарение с поверхности морей, а также космическая пыль*. С пылью естественного происхождения приходится сталкиваться, главным образом, при решении вопросов очистки приточного воздуха перед поступлением его в вентилируемые помещения. *Промышленная пыль* возникает в процессе производства. Почти каждому виду производства, каждому материалу или виду сырья сопутствует определенный вид пыли.

В зависимости от *материала*, из которого пыль образована, она может быть *органической* и *неорганической*. *Органическая пыль* бывает *растительного* (*древесная, хлопковая, мучная, табачная, чайная*) и *животного* (*шерстяная, костяная*) происхождения. *Неорганическая пыль* подразделяется на *минеральную* (*кварцевая, цементная* и т.д.) и *металлическую* (*стальная, чугунная* и т.д.) [2].

Значительная часть промышленной пыли – смешанного происхождения, т.е. состоит из частиц неорганических и органических или, будучи органической, включает в себя частицы минеральной и металлической пыли. Например, пыль, выделяющаяся при шлифовании металлических изделий, кроме металлических частиц, содержит минеральные частицы, образующиеся при взаимодействии обрабатываемого металла и орудий его обработки (абразивного круга и т. д.). Это нужно учитывать при выборе методов очистки и пылеулавливающего оборудования. *К смешанным видам пыли* относят *каменноугольную пыль*, содержащую частицы угля, кварца и силикатов, а также пыли, образующиеся в химических и других производствах.

По дисперсности пыли классифицированы на пять групп: 1) очень крупнодисперсная пыль, размеры более 140 мкм; 2) крупнодисперсная пыль (40...140 мкм); 3) среднедисперсная пыль (10...40 мкм); 4) мелкодисперсная пыль (1...10 мкм); 5) очень мелкодисперсная пыль (менее 1 мкм). Особую опасность для человека представляют мелкодисперсные пыли с размером частиц 0,5...10 мкм, поступающие в атмосферу с вентиляционными выбросами и легко проникающие в органы дыхания [2].

Аэрозоли по своему происхождению делятся на аэрозоли естественного происхождения и искусственные аэрозоли. Если естественных образуется около 1850 млн. т. в год, то в результате хозяйственной деятельности человечества их ежегодно выбрасывается 800 млн. тонн. Зачастую даже неядовитая пыль, за счет водяной пленки, может абсорбировать токсичные пары и газы.

Табл.1. Классификация аэродисперсных систем

Название	Характеристика
Зола	Крупные частицы размером более 76 мкм, не проходящие через сито размером 200 меш. (англ. mesh – ячейка сети, отверстие сита – внесистемная единица измерения проволочных сеток, равная количеству отверстий на 1 дюйм - 25,4 мм).
Пыль	Частицы размером более 1 мкм и менее 76 мкм
Дым	Твердые частицы размерами менее 1 мкм
Туман	Жидкие частицы, обычно менее 10 мкм
Мгла	Туманы если они достаточно плотные и ухудшают видимость
Копоть (фог)	Летучая зола, продукты неполного сгорания
Смог	Слово искусственного происхождения, составленное из слов “смок” и “фог” – используется для определения любого нежелательного загрязнения атмосферы
Сажа	Слипшиеся частицы несгоревшего угля, образующиеся при его не полном сгорании
Аэрозоли	Любые относительно стабильные суспензии в воздухе

ДЕЙСТВИЕ ПЫЛИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Пыль характеризуется совокупностью свойств, определяющих поведение ее в воздухе, превращение и действие на организм человека. Из различных свойств пыли наибольшее значение имеют растворимость, дисперсность, взрывоопасность, форма частиц, электрoзаряженность, адсорбционные свойства. Вредное воздействие пыли на организм человека зависит от ряда факторов: концентрации в воздухе, химического состава, размеров частиц, дисперсности, твердости, заряженности пылинок.

В зависимости от состава пыль может оказывать на организм фиброгенное, раздражающее, токсическое, аллергическое действия. Пыль некоторых веществ и материалов (стекловолокна, слюды и др.) оказывает раздражающее действие на верхние дыхательные пути, слизистую оболочку глаз, кожи. Пыли токсичных веществ (свинца, хрома, бериллия и др.),

попадая через легкие в организм человека, оказывают характерное для них токсическое действие в зависимости от их физико-химических и химических свойств. *Фиброгенным* называется такое действие пыли, при котором в легких происходит разрастание соединительной ткани, нарушающее нормальное строение и функции органа.

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. Действие кварцсодержащей пыли на организм связано с добычей полезных ископаемых, поскольку около 60% всех горных пород состоит из кремнезема. При высокой запыленности воздуха в шахтах у рабочих может развиваться 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. К пневмокониозам от смешанных пылей относятся 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. Работники жалуются на одышку при значительном физическом напряжении и сухой кашель. В целом, течение пневмокониоза благоприятное. *Берллийоз* – 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. Некоторые разновидности берилла, окрашенные 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 так далее. Бериллий и его соединения обладают многообразным действием на организм человека: общетоксическим, раздражающим, аллергическим, канцерогенным. 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).

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА

Запыленность воздуха можно определить гравиметрическим (весовым), счетным (микроскопическим), фотометрическим и некоторыми другими методами. Удаление пыли из воздуха может быть осуществлено различными способами (например, аспирационным, основанным на пропускании воздуха через фильтр).

В санитарно-гигиенической практике основным методом определения запыленности принят гравиметрический метод потому, что при постоянстве химического состава первостепенное значение имеет масса пыли. Определение только массы пыли не дает полной картины ее вредности для человека и технологического процесса, так как при одинаковой массе может быть разный химический, гранулометрический состав пыли. Полная характеристика пыли состоит из ее массы, содержащейся в единице объема воздуха, химического и дисперсного составов.

Счетный (микроскопический) метод позволяет определить общее количество пылевых частиц в единице объема воздуха и соотношения их размеров. Для этого пыль, содержащуюся в определенном объеме воздуха, осаждают на стекло, покрытое прозрачной клейкой пленкой, под микроскопом определяют форму, количество и размеры пылевых частиц.

Качественную характеристику пыли определяют фотометрическим методом с помощью ультрафиолетового фотометра.

Чаще всего, для выделения частиц пыли из воздушной среды используют метод фильтрации, хотя применяют и методы, основанные на использовании электростатических, центробежных, инерционных сил. С помощью методов центробежного и инерционного осаждения можно выделить только крупные частицы пыли размером более 0,5-1 мкм. Метод фильтрации позволяет выделить частицы размером до 0,1 мкм. Методом электростатического осаждения удастся выделить мелкие частицы размером до 0,01 мкм. При исследовании пыли с широким диапазоном размеров частиц необходимо использовать не один, а несколько методов пылевыведения. При измерении концентрации пыли в атмосферном воздухе и в воздухе помещений предпочтение отдают методам, основанным на предварительном осаждении, поскольку большинство из них позволяет определить массовую концентрацию пыли, что особенно важно при проведении контроля состояния помещений. Кроме того, эти методы менее чувствительны к изменениям свойств пыли, что особенно характерно для атмосферной пыли.

В борьбе с образованием и распространением пыли наиболее эффективны технологические мероприятия. К ним относятся: 1) внедрение непрерывной технологии производства, при которой отсутствуют ручные операции; 2) автоматизация и механизация процессов, сопровождающихся выделением пыли; 3) рационализация технологического процесса, обработка пылящих материалов во влажном состоянии, например, внедрение мокрого бурения в горнорудной и угольной промышленности (бурение с промывкой канала водой); 4) дистанционное управление; 5) устройство местных вентиляционных отсосов, вытяжки или приточно-вытяжной вентиляции. Удаление пыли происходит непосредственно от мест пылеобразования. Перед выбросом в атмосферу запыленный воздух очищается с помощью пылеуловителей различной конструкции^[1].

К примеру, увлажнение пыли или использование кожухов повышает эффективность борьбы с пылью в разы.

Табл.2. Предельные концентрации вредных веществ рабочей зоны

Наименование веществ	Формула	Степень опасности*	мг/м ³
Окислы азота (в пересчете на NO ₂)	NO+NO ₂	3	5
Углерод оксид сульфид	COS	2	10
Масла минеральные (нефтяные)	-	3	5
Сероводород	H ₂ S	3	10
Углеводороды в пересчете на С	-	4	300

*- 1 класс - чрезвычайно опасные; 2 класс – высокоопасные; 3 класс – опасные; 4 класс - умеренно опасные.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА

Приборы для количественного определения пыли в воздухе можно разделить на две группы: *приборы для отбора проб* и *анализирующие приборы*.

Приборы для отбора проб (пробоотборники, аспираторы) предназначены только для отбора проб с целью контроля газового и аэрозольного загрязнения воздуха. Отбор проб производится на фильтры или поглотители. Для получения данных о запыленности воздуха фильтры с осевшей пылью взвешивают. Большинство пробоотборников снабжены таймером, который прекращает пробоотбор по истечении заданного времени. Эти приборы более доступны по цене, чем анализирующие. Основным недостатком данных приборов является необходимость дальнейшего анализа отобранных проб, что значительно увеличивает время получения результатов. Анализирующие приборы (анализаторы пыли, измерители концентрации пыли, пылемеры) позволяют отобрать и сразу проанализировать пробу воздуха. Полученные данные о запыленности высвечиваются на дисплее в виде отдельных значений, таблицы или гистограммы, а также могут быть распечатаны или

записаны в память прибора. Достоинствами анализирующих приборов являются быстрота получения данных (от 30 секунд до нескольких минут) и возможность их получения в распечатанном виде, возможность работы в непрерывном режиме измерений, наличие системы сигнализации превышения заданной концентрации. Недостатком же является их высокая стоимость, которая в 3-20 раз может превышать стоимость пробоотборников.

Табл.3. Приборы для определения запыленности воздуха

Название	Фильтры	Диапазон измерений, мг/м ³	Масса, кг
Приборы для отбора проб			
Аспиратор для отбора проб воздуха, Модель 822	АФА-ВП	-	8,5
Аспиратор, Модель А-01*	АФА	-	4,0
Дозиметр пыли ДП-1*	АФА-ВП-10	-	0,5 (осн.блок)
Пробоотборник четырехканальный АПП-3-4	АФА-ВП, АФА-ХП, АФА-РП	-	7,5
Пробоотборник пыли АПП-6-1,01 автоматический*	АФА-ВП, АФА-ХП, АФА-РП	-	3,5
Пылепробоотборник ПП-2*	АФА-ВП	-	3,5
Анализирующие приборы			
Анализатор пыли, модель ДАСТ-1*	АФА-ДП-3	0,01-100	7,5
Анализатор пыли, модель TSI 8520*	-	0,01-100	1,5
Анализатор пыли, модель F-701 (Verewa)	-	0-0,1, 0-10	22
Газоанализатор универсальный ГАНК-4*	Химкассета	0,03-1,0	3,5-5
Измеритель концентрации пыли ИКП-4М*	-	0,01-10 0,1-100 0,001-1	1,5
Измерители концентрации пыли Прима-01*, Прима-03*	-	1,0-99	3,5
Измеритель массовой концентрации аэрозольных частиц Аэрокон	-	0,1-100	2
Измеритель концентрации взвешенных частиц ИКВЧ*	-	0-3000	6
Прибор сангигиенконтроля запыленности и задымленности атмосферы ИКАР, Модель ФБ-01*	-	0,5-500	2,2
Счетчик аэрозольных частиц МОНИТОР-93Б	-	1-10 ³ частиц/дм ³	5
TM-data*, TM digital µP*	-	0,01-50	0,98
TM-M*	-	0-1, 0-10	1,0

*- Приборы могут иметь питание от аккумуляторов.

В комплект поставки фильтров АФА-ВП, как правило, входят сами фильтры с бумажной подложкой и бумажные держатели для фильтров.



Рис.1. Фильтродержатель ИРА-10

1 – фильтродержатель, 2 – фильтр АФА, 3 – фильтр в фильтродержателе, соединенном с гибким шлангом.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА



Рис.2. Лабораторный стенд «Запыленность воздуха»

В состав установки входят: прозрачная пылекая камера; устройство (вентилятор) нагнетания потока частиц пыли; дозирующее устройство; аспиратор для отбора запыленных проб; аллонж для фильтров отбора частиц пыли; двухканальный измеритель температуры; комплект фильтров АФА-ВП-10; измеритель расхода воздуха через фильтр; измеритель перепада давления на фильтрах; USB микроскоп; система измерения. Система измерения подключается к компьютеру или вычислительному устройству.

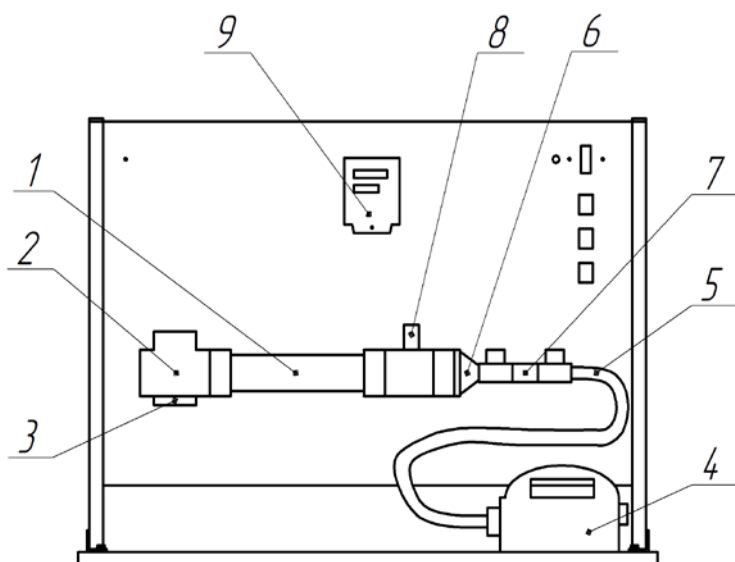


Рис.3. Схема лабораторной установки

1 – прозрачная камера, 2 – засыпное устройство, 3 – заглушка для чистки камеры, 4 – aspirатор, 5 – соединительный шланг, 6 – аллонж, 7 – измеритель расхода, 8 – тройник для крепления камеры и аллонжа, 9 – измеритель ТРМ 200 ^[3].

Аспиратор, используемый в настоящей работе, предназначен для отбора проб воздуха для определения содержания пыли и аэрозолей путем прокачки заданного объема пробы через фильтры типа АФА, АФА-ВП-10 или др. при экологическом контроле атмосферного воздуха. Его основные технические характеристики следующие: 1. Количество параллельно отбираемых проб – от 1 до 3; 2. Суммарный расход воздуха не менее 200 л/мин; 3. Продолжительность отбора пробы – от 2 до 40 мин; 4. Объем пробы воздуха измеряется цифровым расходомером с относительной погрешностью +/- 10%.

Требования безопасности при выполнении лабораторной работы:

1. Приступать к выполнению работы можно только после изучения изложенных ниже требований безопасности.
2. Перед выполнением лабораторной работы каждый студент должен получить инструктаж по технике безопасности и лично расписаться в журнале учета инструктажа.

3. Работа выполняется в строгом соответствии с методическими указаниями бригадой, состоящей не менее чем из двух человек.

4. Делать какие-либо переключения на приборах, не предусмотренные порядком выполнения работы, запрещено.

К работе с лабораторным стендом допускаются лица, ознакомленные с его устройством и принципом действия. Все подключения и работы на стенде проводить сухими руками.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Перед тем, как начать работу со стендом, необходимо установить необходимые драйверы на профессиональном компьютере.

1. Изучить методические указания, заготовить форму отчета о проведенной работе, в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемых процессах, схему экспериментальной установки, заготовить таблицы 4 и 5.

2. Взвесить фильтр на весах с точностью 0,001 г. Записать данное значение. Разрешается брать значение массы фильтра перед проведением работы равное 0,102 г. Установить фильтр в аллонж.

3. Подключить установку к сети питания 220 В.

4. При включении устройства защиты питания цифровой прибор ТРМ 200 контроля давления автоматически переходит в режим самотестирования, и на нем через несколько секунд появляются нулевые показатели.

5. Включить компьютер, вызвать и запустить программу «Пуск → MeasLAB → Запыленность воздуха».

6. Запустить аспиратор клавишей «ВК1», а также дополнительным переключателем на ручке устройства.

7. Засыпать в камеру пыль и закрыть ее крышкой.

8. Включить вентилятор клавишей «ВК2».

9. Через каждые 10 секунд после начала распыления фиксировать и записывать в табл. 4 значения Q1, Q2, Q3 (расходы на ТРМ200 красный дисплей).

10. Продолжить работу aspirатора в течение еще 3 минут. При этом через каждые 40 секунд фиксировать и записывать в табл. 4 значения Q1, Q2, Q3.

11. Выключить aspirатор и вентилятор.

12. Построить график зависимости расхода от времени.

13. Выключить работу компьютерной системы и отключить установку от сети питания.

14. Аккуратно вынуть фильтр, закрепленный в аллонже камеры и взвесить на весах с точностью 0,001 г.

15. Результаты записать в таблицу 5.

16. Рассчитать объем воздуха по формуле:

$$V = \frac{Q_{\tau}(273 + t) \cdot 10^5}{293 \cdot P}$$

17. Рассчитать концентрацию пыли в воздухе по формуле:

$$C_n = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 10^3}{V}$$

18. Результаты расчета записать в таблицу 5.

19. Сравнить полученные результаты с ПДК по ГОСТ 12.1.005-88.

20. Подключить микроскоп к компьютерной системе измерения. Запустить программу работы с микроскопом.

21. Рассмотреть в микроскоп частицы, попавшие в поле зрения.

22. Сфокусировать увеличение микроскопа на заданной мере сравнения и частицах, попавших в поле зрения (обычно в центре фильтра) и вывести изображение рассматриваемого фрагмента фильтра на экран компьютера.

23. Сосчитать с экрана количество частиц и оценить их размеры, форму и площадь поля зрения. Занести полученные данные в таблицу 6.

24. Повторить опыт с другой пылью.

25. Сравнить, сделать и записать выводы. Ответить на контрольные

вопросы ^[3].

Для установки фильтра:

1. Отсоединить патрубок от тройника с аллонжем.
2. Отсоединить измерительный шланг от быстросъемного соединения на тройнике с аллонжем.
3. Против часовой стрелки открутить тройник с аллонжем.
4. Расположить фильтр с держателем в тройнике с аллонжем так, чтобы совпадала прорезь с держателем.
5. Закрутить тройник с аллонжем.
6. Поставить на место измерительную трубку и патрубок.

Для очистки системы от остатков пыли:

1. Ослабить гермовывод удерживающий провод питания вентилятора.
2. Удерживая крепление стекла, медленно покачивая снять засыпное устройство с вентилятором.
3. Очистить засыпное устройство от пыли.
4. Продуть стеклянную полость.
5. Удерживая крепление стекла, медленно поставить на место засыпное устройство.

Табл.4. Результаты измерений перепадов давления и расходов через фильтры

Время сек.	Q ₁ л/мин	Q ₂ л/мин	Q ₃ л/мин
Режим отбора чистого воздуха			
0			
Режим отбора проб воздуха при подаче пыли			
10			
20			
30			
40			
50			
60			
Режим отбора проб воздуха без подачи пыли			
100			
140			
160			
200			
240			

Табл.5. Результаты исследований для расчета

Фильтры	1	2	3
Масса фильтра до отбора m_1 , мг			
Масса фильтра после отбора m_2 , мг			
Расход воздуха Q , л/мин			
Продолжительность фильтрации t , мин			
Температура воздуха t , °С			
Атмосферное давление P , Па.			
Приведенный объем воздуха V , литр			
Концентрация пыли в воздухе C_n , мг/м ³			
ПДК по ГОСТ 12.1.005-88 $C_{зост}$, мг/м ³			

Табл.6. Результаты вычисления массовой концентрации полидисперсной пыли в воздухе, определения состава и формы частиц, измерения размеров

Материал частиц	Количество частиц в пробе за 15 минут работы распылителя размерами			
	1-2 мкм	3-5 мкм	5-10 мкм	свыше 10 мкм
Фильтр 3	Q ₃ = л площадь поля зрения S =			
ликоподий				
тальк				
уголь				
Al				
Фильтр 2	Q ₂ = л площадь поля зрения S =			
ликоподий				
тальк				
уголь				
Al				
Фильтр 1	Q ₁ = л площадь поля зрения S =			
ликоподий				
тальк				
уголь				
Al				

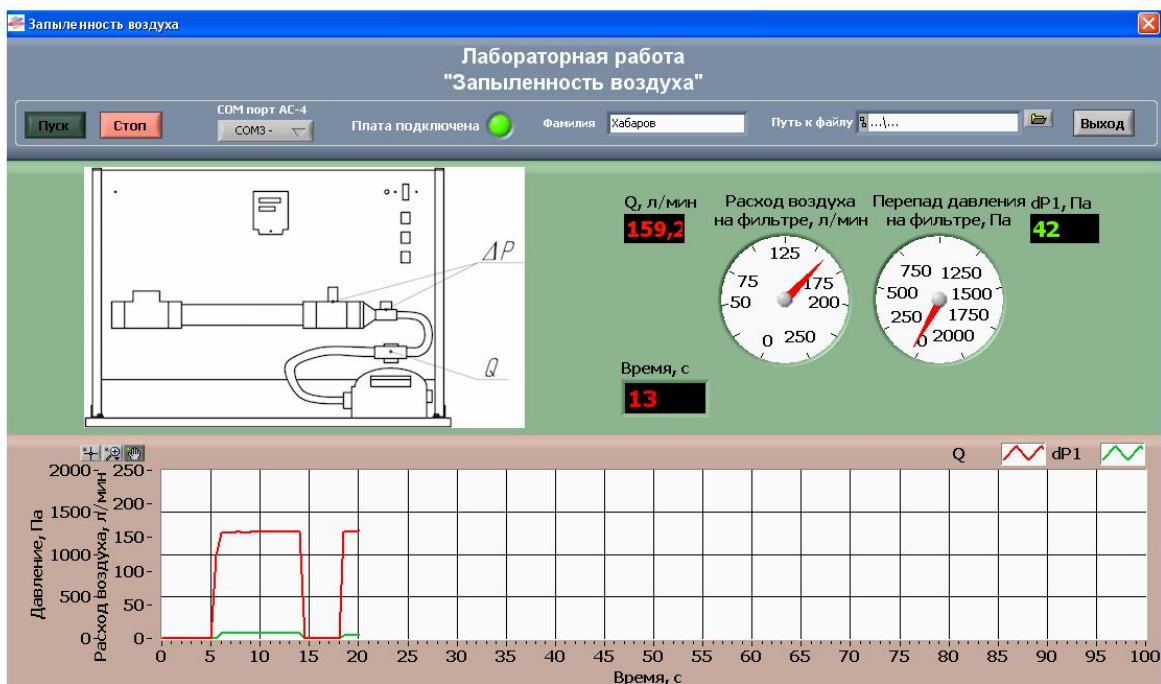


Рис.4. Работа в программе Measlab

Перед тем, как нажимать кнопку «Пуск», необходимо заполнить фамилию человека, выполняющего работу, а также указать путь к записи архива в программе Microsoft Excel.

Время, с	Расход воздуха, л/мин	Перепад давления на фильтре, кПа
1,1	0,3	3
8,1	0,3	3
24,1	0,3	3
29,1	156,9	61,4
30,1	157,4	61,4
40,1	157,5	61,4
45,1	157,9	61,4
46,1	157,8	61,4
55,1	158,8	61,4
60,1	157,9	61,4
61,1	159,1	61,4
68,1	159	61,4
90,1	0,3	3
91,1	0,3	3

Рис.5. Архив в программе Microsoft Excel

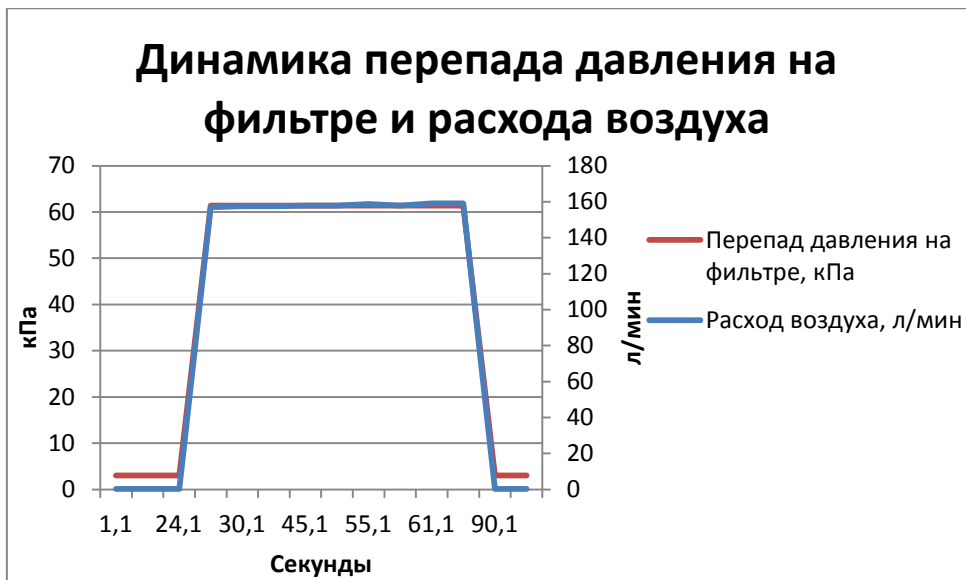


Рис.6. Динамика перепада давления на фильтре и расхода воздуха

Как можно увидеть из представленного графика, перепад давления на фильтре сильно коррелируется с расходом воздуха. После того, как в камеру засыпается пыль, показатели начинают расти.

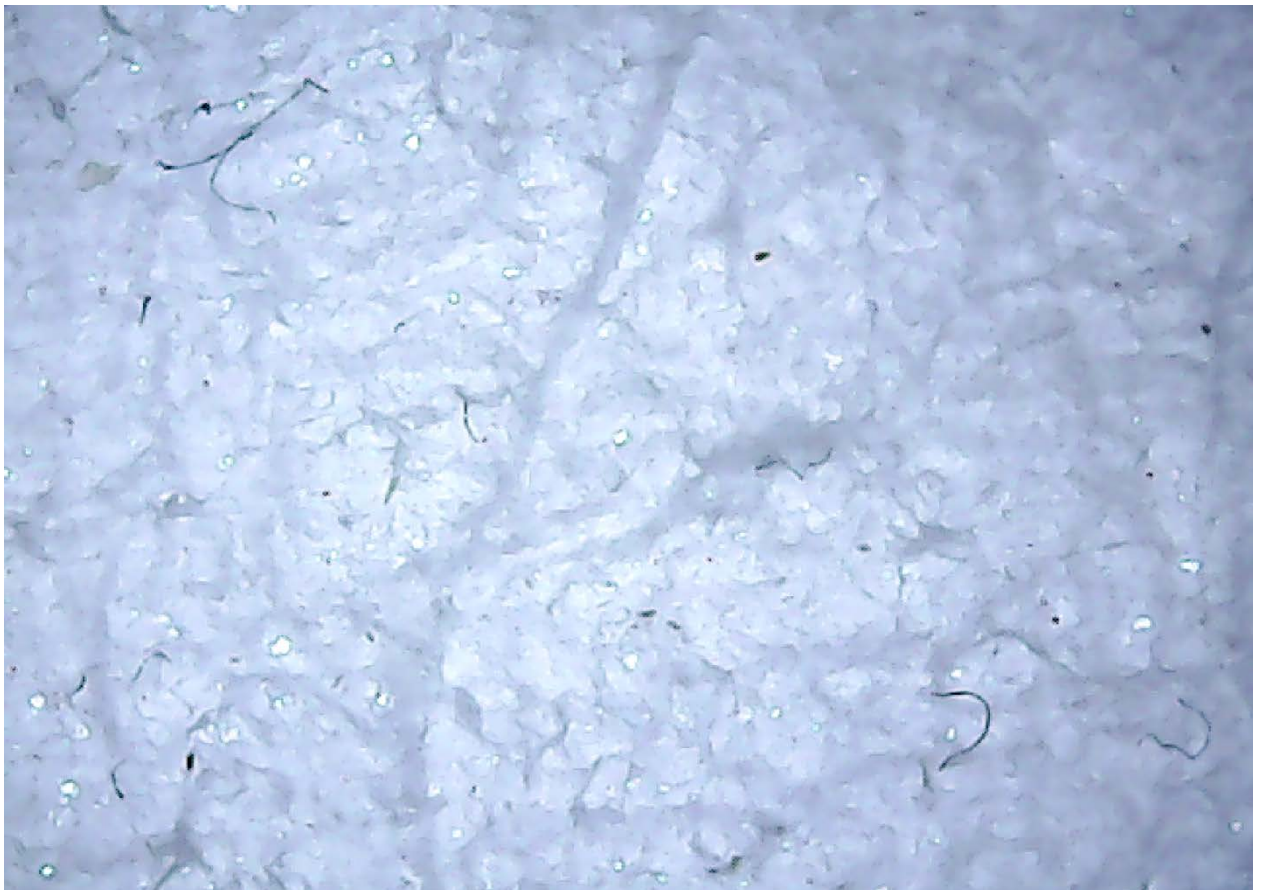


Рис.7. Образец работы с фильтром на цифровом микроскопе

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение пыли.
2. Перечислить основные свойства пыли.
3. Дать определение системы аспирации.
4. Дать классификацию пыли.
5. Рассказать о воздействии пыли на организм человека.
6. Перечислить основные методы определения запыленности воздуха.
7. Описать лабораторный стенд «Влияние шума».
8. Рассказать о порядке выполнения данной лабораторной работы.
9. Перечислить основные формулы, необходимые при выполнении данной лабораторной работы.
10. Для чего в данной лабораторной работе присутствует цифровой микроскоп.
11. В какую сторону изменяются перепады давления и расходов через фильтры при подаче в трубу пыли.
12. В какую сторону изменится масса фильтра до и после проведения лабораторной работы.

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Общие сведения.
2. Описание оборудования и приборов.
3. Данные измерений (заполненные таблицы).
4. График зависимости расхода от времени.
5. Снимок фильтра после проведения лабораторной работы при использовании цифрового микроскопа.
6. Ответ на контрольные вопросы.
7. Общие выводы по лабораторной работе.

Дата

Подпись студента

Дата

Подпись преподавателя

ЛИТЕРАТУРА

1. Пирумов А. И. Обеспыливание воздуха. М.: Стройиздат.1974.- 207с.
2. Соколов-Петрянов И.В. Избранные труды. Законы фильтрации аэрозолей. М.: Наука, 2007- 458 с.
3. measlab.ru