

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Инженерно-технологический институт

Кафедра безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии

Адылин И.П.

Определение концентрации пыли в воздухе весовым методом

Методические рекомендации к выполнению
лабораторно-практических работ
для студентов всех направлений подготовки (бакалавриат)
по дисциплине «Промышленная экология»

Брянская область
2019

УДК 628.511.1 (076)

ББК 20.1

А 32

Адылин, И. П. Определение концентрации пыли в воздухе весовым методом: методические рекомендации к выполнению лабораторно-практических работ для студентов всех направлений подготовки (бакалавриат) по дисциплине «Промышленная экология» / И. П. Адылин. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. – 32 с.

Методические рекомендации к выполнению лабораторно-практических работ для студентов всех направлений подготовки (бакалавриат) по дисциплине «Промышленная экология» составлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования.

Рецензент:

д.т.н., профессор Лапик Владимир Павлович.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского ГАУ, от « 30 » января 2019 г. протокол № 4.

© Брянский ГАУ, 2019

© И.П. Адылин, 2019

Содержание

Введение.....	4
1 Основные понятия и определения.....	5
2 Методы измерения концентрации пыли.....	12
3 Приборы для определения запыленности воздуха.....	13
4 Определение запыленности воздуха весовым методом с помощью аспиратора модели ПУ-4Э.....	16
5 Методика определения запыленности воздуха весовым методом с помощью аспиратора модели ПУ-4Э.....	19
6 Пример расчета запыленности воздуха (приложение 3).....	22
Контрольные вопросы.....	24
Список литературы.....	25
Приложения.....	26

ВВЕДЕНИЕ

Производственная пыль является одним из широко распространенных неблагоприятных факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье работающих. Целый ряд технологических процессов сопровождается образованием мелкораздробленных частиц твердого вещества (пыль), которые попадают в воздух производственных помещений и более или менее длительное время находятся в нем во взвешенном состоянии.

Пылеобразование происходит при дроблении, размоле, перетирке, шлифовке, сверлении, фасовке, упаковке, переработке сельхозпродукции, складской обработке грузов, погрузочно-разгрузочных операциях, транспортировке. Пыль образуется также в результате конденсации паров тяжелых металлов и других веществ.

Большая запыленность воздуха встречается в рудниках, на шахтах, фарфоро-фаянсовом производстве, цементных и литейных заводах, в цехах обработки металла, на оптовых базах, складах сыпучих товаров и сельхозпродуктов.

За последние годы с возрастанием спроса на услуги торговли, банков, предприятий сферы бытовых и других сервисных услуг появились крупные учреждения массового обслуживания населения, в которых движение больших людских и товарных потоков создает повышенное содержание пыли в помещениях.

Изучение дисциплины «Промышленная экология» сформированы следующими компетенциями:

- ПК-11 - способностью организовывать, планировать и реализовывать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды;
- ПК-12 - способностью применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения безопасности объектов защиты.

Цель работы: определение концентрации пыли в воздухе весовым методом и санитарная оценка запыленности производственной среды.

1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Пылью называют дисперсную систему, состоящую из мельчайших твердых частиц, находящихся в газовой среде во взвешенном состоянии (аэрозоль) или осевших (аэрогель).

Пыль подразделяется на атмосферную и промышленную. Источниками образования промышленной пыли являются технологические процессы и производственное оборудование, связанное с измельчением (дробление, помол, резание) и поверхностной обработкой материалов (шлифование, полирование, ворсование и т.п.), транспортировкой, перемещением и упаковкой измельченных материалов и т.д. Атмосферная пыль включает промышленную (загрязнение атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий) и естественную, возникающую при выветривании горных пород, вулканических извержениях, пожарах, ветровой эрозии пахотных земель, пыли космического и биологического происхождения (пыльца растений, споры, микроорганизмы). К промышленным предприятиям, выбрасывающим в атмосферу частицы пыли, относятся предприятия черной металлургии, теплоэнергетики, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, промышленности строительных материалов и др.

Гигиеническими нормативами ГН 2.2.5.686-98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» и ГОСТ 12.1.005–88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» установлены предельно допустимые концентрации для более чем 800 различных веществ (в мг/м³). *ПДК* вредных веществ в воздухе рабочей зоны считается такая концентрация, которая при ежедневной работе в течение 8 часов или другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. В приложении 1 приведены ПДК веществ в воздухе рабочей зоны.

Пыль классифицируют **по следующим признакам:**

- по роду вещества, из которого состоят частицы;
- степени дисперсности (измельчения);
- степени вредного влияния на организм человека;
- взрывоопасности;
- пожароопасности.

По происхождению пыль подразделяют на три основных подгруппы:

1. Органическая:

- естественная (растительного происхождения – древесная, хлопковая, и животного – костяная, шерстяная);
- искусственная (пыль пластмасс, резины, смол, красителей и других синтетических веществ).

2. Неорганическая:

- металлическая (стальная, медная, свинцовая);
- минеральная (песчаная, известковая, цементная).

3. Смешанная.

По дисперсности пыль подразделяют на три группы:

- 1) видимая (размеры частиц более 10 мкм);
- 2) микроскопическая (0,25-10 мкм);
- 3) ультрамикроскопическая (менее 0,25 мкм).

Опасность пыли увеличивается с уменьшением размера пылинок, так как такая пыль дольше остается в виде аэрозоля в воздухе и глубже проникает в легочные каналы.

Вредность воздействия пыли на организм человека зависит от степени запыленности воздуха, характеризующейся концентрацией (мг/м^3), и различных свойств пыли: химического состава, растворимости, дисперсности, формы частиц и адсорбционной способности. **По воздействию на организм** пыль подразделяется на ядовитую и неядовитую.

В организм человека пыль проникает тремя путями:

- через органы дыхания;
- через желудочно-кишечный тракт;
- через кожу.

В зависимости от состава пыль может оказывать на организм:

1. Фиброгенное действие – в легких происходит разрастание соединительной ткани, нарушающее нормальное строение и функции органа (кварцевая, породная).
2. Раздражающее действие на верхние дыхательные пути, слизистую оболочку глаз, кожу (известковая, стекловолокна).
3. Токсическое действие – ядовитые пыли, растворяясь в биологических средах организма, вызывают отравления (свинцовая, мышьяковистая).
4. Аллергическое действие (шерстяная, синтетическая).
5. Биологическое действие (микроорганизмы, споры).
6. Канцерогенное действие (сажа, асбест).
7. Ионизирующее действие (пыль урана, радия).

В легкие глубоко проникают пылинки размером от 0,1 до 10 мкм. Более мелкие выдыхаются обратно, а крупные оседают на слизистых оболочках полости носа, глотки, трахеи и выводятся наружу со слизью при кашле и чихании. Часть пыли задерживается в носу и носоглотке, вместе со слюной и слизью попадает в органы пищеварения. Более мелкие, не осевшие, пылевидные частицы при вдохе проникают в глубокие дыхательные пути, вплоть до ткани легких. В легких задерживаются частицы, не превышающие 7 мкм. При проникновении в дыхательные пути пыль может вызывать профессиональные заболевания – пневмокониозы (ограничение дыхательной поверхности легких и изменения во всем организме человека), хронические бронхиты, заболевания верхних дыхательных путей. Химический состав пыли определяет характер тех или иных профессиональных заболеваний. Например, при вдыхании угольной пыли возникает разновидность пневмокониоза – антракоз, алюминиевый алтинноз, свободного диоксида кремния SiO_2 – силикоз и т.д.

Попадая на кожу, пыль проникает в сальные и потовые железы и нарушает систему терморегуляции организма. Неядовитая пыль оказывает раздражающее воздействие на кожу, глаза, уши, дёсны (шероховатости, шелушение, угри, асбестовые бородавки, экземы, дерматиты, конъюнктивиты и др.).

Растворимость пыли зависит от ее состава и удельной поверхности ($\text{м}^2/\text{кг}$), поскольку химическая активность пыли в отношении организма зависит от общей площади поверхности. Сахарная, мучная и другие виды пыли, быстро растворяясь в организме, выводятся, не причиняя особого вреда. Нерастворимая в организме пыль (растительная, органическая и т.п.) надолго задерживается в воздухоносных путях, приводя в отдельных случаях к развитию патологических отклонений.

Форма пылинок влияет на устойчивость аэрозоля в воздухе и поведение в организме. Частицы сферической формы быстрее выпадают из воздуха и легче проникают в легочную ткань. Наиболее опасны пылинки с зазубренной колючей поверхностью, так как они могут вызывать травмы глаз, ткани легких и кожи.

Адсорбционные свойства пыли находятся в зависимости от дисперсности и суммарной поверхности. Пыль может быть носителем микробов, грибов, клещей.

Пыли могут также приобретать электрический заряд за счет адсорбции ионов из воздуха и в результате трения частиц в пылевом потоке, что увеличивает их вредное воздействие. Неметаллическая пыль заряжается положительно, а металлическая – отрицательно. Разноименно заряженные частицы притягиваются друг к другу и оседают из воздуха. При одинаковом заряде пылинки, отталкиваясь одна от другой, могут долго витать в воздухе. Заряженные частицы дольше задерживаются в легких, чем нейтральные, тем самым увеличивается опасность для организма.

Негативным свойством многих видов пыли является их способность к воспламенению и взрыву. В зависимости от величины нижнего предела воспламенения пыли подразделяются на взрывоопасные и пожароопасные. К взрывоопасным относятся пыли с нижним пределом воспламенения до $65 \text{ г}/\text{м}^3$ (сера, сахар, мука), к пожароопасным – пыли с нижним пределом воспламеняемости выше $65 \text{ г}/\text{м}^3$ (табачная, древесная и др.).

Для защиты от пыли на производстве применяется комплекс санитарно-гигиенических, технических, организационных и медико-биологических меропр-

ятий. Эффективными средствами защиты являются: внедрение комплексной механизации и автоматизации производственных операций с автоматическим или дистанционным управлением и контролем, герметизация оборудования, приборов и коммуникаций, размещение опасных узлов и аппаратов вне рабочих зон, замена сухих способов переработки пылящих материалов мокрыми, применение местных отсосов от оборудования и аппаратуры, автоблокировка пусковых устройств технологического и санитарно-гигиенического оборудования, гидрообеспыливание. Эти средства относятся к общим методам защиты работающих и оборудования от пыли. В качестве индивидуальных средств защиты от пыли используются респираторы, противогазы, пневмошлемы, пневмомаски, непроницаемая противопыльная спецодежда, защитные очки и т.п. Важную роль играют также защита временем, ультрафиолетовое облучение в фотариях, щелочные ингаляции, проведение медосмотров, соблюдение личной гигиены, применение специального питания.

Воздух рабочей зоны (пространство высотой до 2 метра над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного и временного пребывания работающих) очищается следующими способами: при сухом разломе материалов устанавливают улавливатели взвешенной в воздухе пыли, применяют пневматическое транспортирование полученного продукта, обеспечивают отсасывание (*аспирацию*) пыли из-под укрытий в местах ее образования. Создаваемое при аспирации разрежение в укрытии, соединенном с воздухопроводом вытяжной вентиляции, не позволяет загрязненному воздуху поступать в воздух рабочей зоны. Отсосы от оборудования и аппаратуры выполняют сблокированными с пусковым устройством основного оборудования. Перед выбросом в атмосферу или рабочее помещение запыленный воздух подвергают предварительной очистке.

Важным показателем работы обеспыливающего оборудования является степень очистки воздуха:

$$K_o = \frac{V_1 \cdot m_1 - V_2 \cdot m_2}{V_1 \cdot m_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где m_1 и m_2 – содержание пыли в воздухе соответственно до и после очистки, мг/м³;

V_1 и V_2 – объем воздуха соответственно до и после очистки, м³.

Очистка воздуха от пыли может быть грубой (задерживается крупная пыль – размеры частиц более 100 мкм), средней (задерживается пыль с размером частиц менее 100 мкм, а ее конечное содержание не должно быть более 100 мг/м³) и тонкой (задерживается мелкая пыль (до 10 мкм) с конечным содержанием в воздухе приточных и рециркуляционных систем до 1 мг/м³).

Обеспыливающее оборудование подразделяется на пылеуловители и фильтры. К пылеуловителям относятся пылесадочные камеры, одиночные и батарейные циклоны, инерционные и ротационные пылеуловители. Фильтры в зависимости от принципа действия классифицируют на электрические, ультразвуковые, масляные, матерчатые, рукавные и др. (рисунки 1-2).

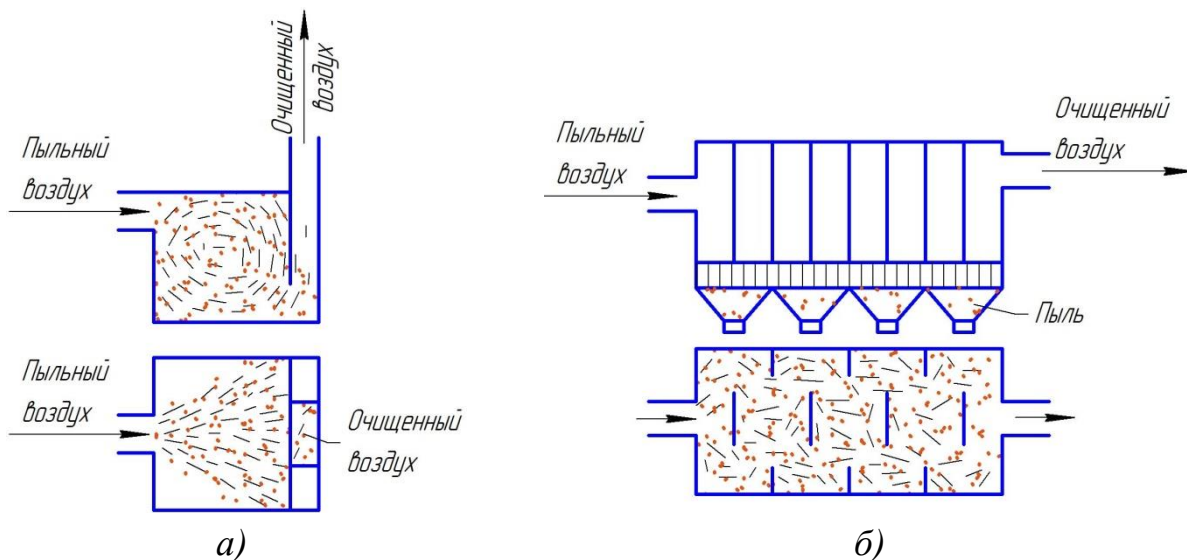


Рисунок 1 – Пылеуловительные камеры: а – простая; б – лабиринтная

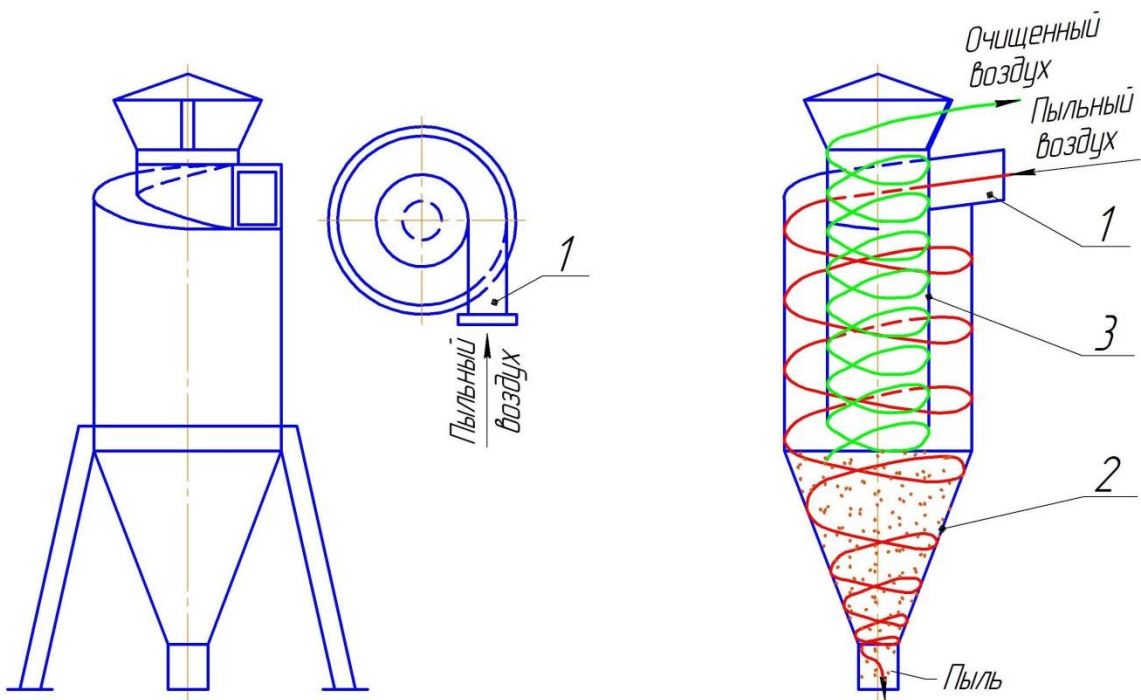


Рисунок 2 – Схема циклона: 1 – входной патрубок; 2 – дно конической части; 3 – центробежная труба

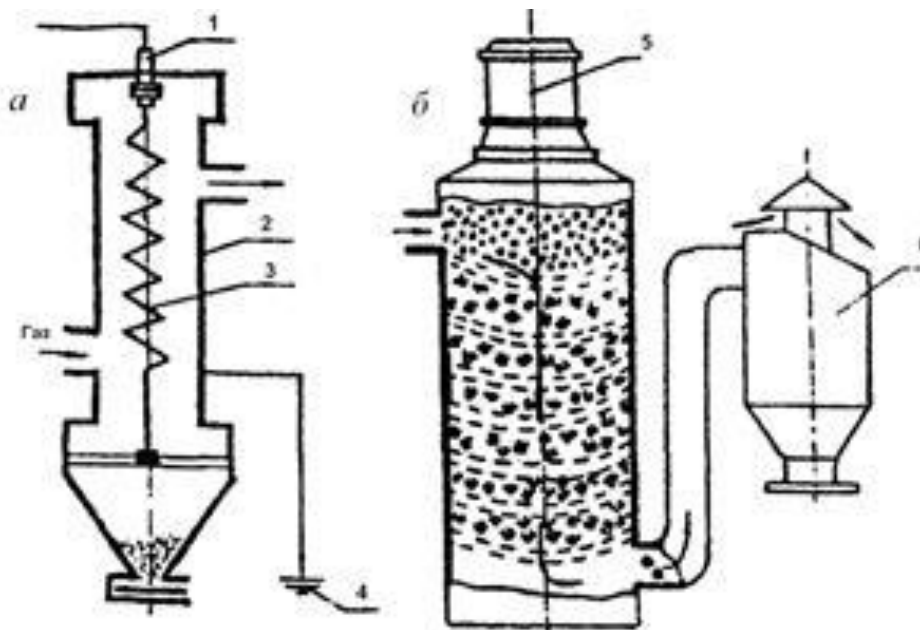


Рисунок 3 – Электрический (а) и ультразвуковой (б) фильтры: 1 – изолятор; 2 – стенка фильтра; 3 – коронирующий электрод; 4 – заземление; 5 – генератор ультразвука; 6 – циклон

Для определения качества воздуха на рабочем месте существуют методы контроля, которые подразделяются на две группы: первая – с выделением дис-

персной фазы из аэрозоля (весовой и счетный методы), вторая – без выделения дисперсной фазы из аэрозоля (фотоэлектрические, электрометрические, радиационные и оптические методы). Наиболее часто применяются весовой и счетный методы. Обычно в практике инспекторского контроля предпочтение отдают весовому методу.

2 МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ

Концентрацию пыли в воздухе определяют двумя способами [2, 3]:

– с предварительным осаждением пыли (весовой, радиоизотопный, оптический, пьезоэлектрический методы, метод, основанный на улавливании пыли водой, метод механических вибраций, метод, основанный на измерении перепада давлений на фильтре);

– без предварительного осаждения пыли (акустический, оптический, электрический методы).

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.

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 [4].

При исследовании пыли с широким диапазоном размеров частиц необходимо использовать не один, а несколько методов пылевыведения.

3 ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА

Приборы для количественного определения пыли в воздухе можно разделить на две группы: приборы для отбора проб и анализирующие приборы (таблица 1) [5-8].

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.

Особенно важно учесть возможность работы прибора от аккумуляторов при определении запыленности воздуха в хранилищах, где часто в целях соблюдения пожарной безопасности отсутствуют электрические розетки.

Принцип действия аспиратора модели ПУ-4Э (рисунок 1).

К входному штуцеру аспиратора с помощью гибкого шланга присоединяется фильтр в фильтродержателе. Воздух просасывается через фильтр, оставляя на нем содержащиеся примеси. Зная скорость прохождения воздуха и время от-

бора пробы, определяют объем воздуха, прокаченный через фильтр. Количество осевшей на фильтре пыли определяют весовым методом. Запыленность воздуха рассчитывают, исходя из количества пыли и объема прокаченного воздуха [9]. Аспиратор (рисунок 1) работает от сети переменного тока и потребляет мощность 80 Вт. Необходимая скорость прохождения воздуха регулируется путем вращения ручек вентилях ротаметров. Ротаметры, предназначенные для измерения расхода воздуха, представляют собой градуированные стеклянные трубки с поплавками. Первые два ротаметра аспиратора служат для отбора проб воздуха на запыленность (от 0 до 20 л/мин), вторые — на загазованность (от 0 до 2 л/мин) [9]. Для определения загазованности воздуха используют специальные поглотительные трубки.

Таблица 1 – Приборы для определения запыленности воздуха

Название	Фильтры	Диапазон измерений, мг/м ³	Масса, кг
1	2	3	4
Приборы для отбора проб			
Аспиратор для отбора проб воздуха (Модель 822, ПУ-4Э)	АФА-ВП	-	8,5
Аспиратор (Модель А-01*)	АФА	-	4,0
Дозиметр пыли ДП-1	АФА-ВП-10	-	0,5
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

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
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 пы- ли ИКП-4М*	-	0,01-10; 0,1-100; 0,001-1	1,5
Измеритель концентрации пы- ли Прима-01*, Прима-03*	-	1,0-99	3,5
Измеритель массовой концен- трации аэрозольных частиц Аэрокон	-	0,1-100	2
Измеритель концентрации взвешенных частиц ИКВЧ*	-	0-3000	6
Прибор сангигиенконтроля за- пыленности и задымленности атмосферы ИКАР (Модель ФБ- 01*)	-	0,5-500	2,2
Счетчик аэрозольных частиц МОНИТОР-93Б	-	1-10 ⁵ частиц/дм ³	5
ТМ-data*, ТМdigitalμP*	-	0,01-50	0,98
ТМ-М*	-	0-1; 0-10	1,0

* Приборы могут иметь питание от аккумулятора

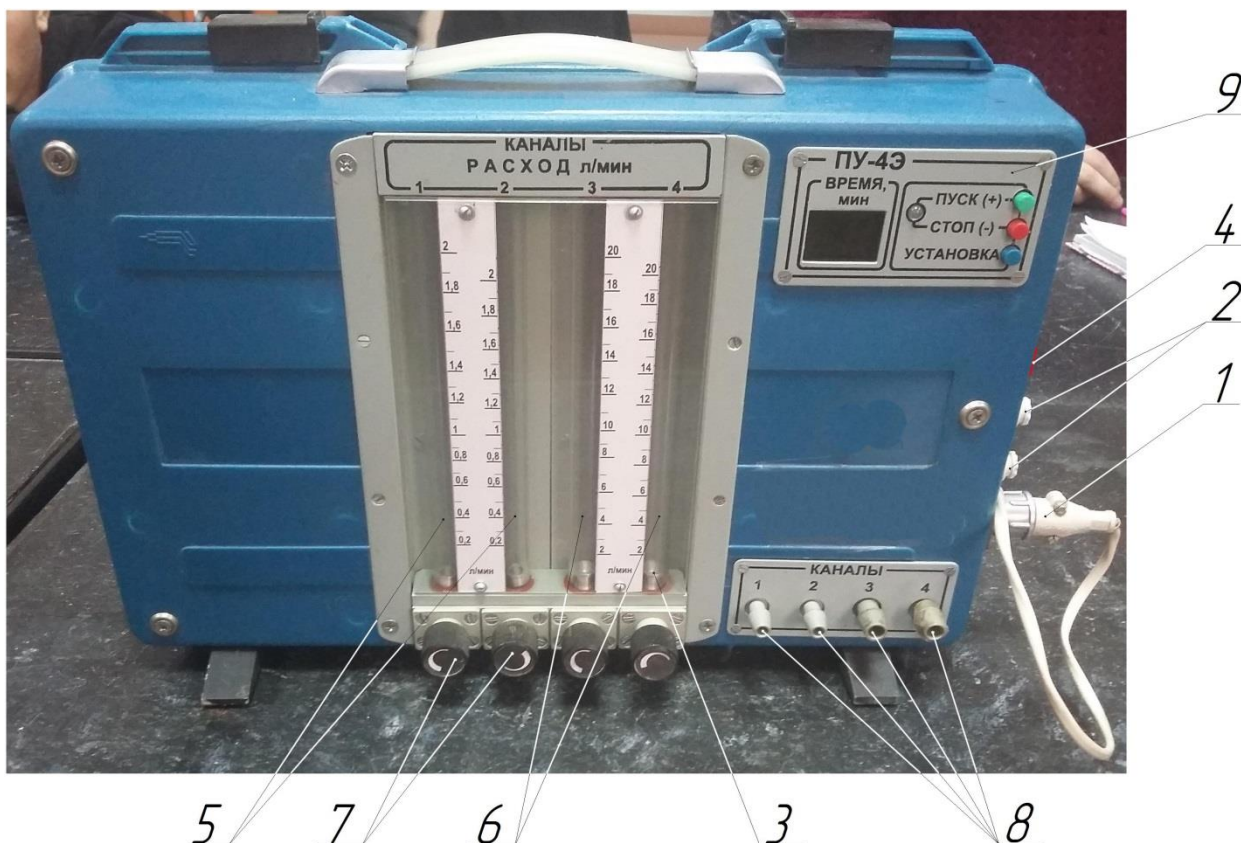


Рисунок 1 – Аспиратор для отбора проб модели ПУ-4Э: 1 – входная колодка подвода электроэнергии; 2 – предохранители; 3 – поплавков ротаметра; 4 – тумблер включения и выключения аспиратора; 5 – ротаметры для определения запыленности; 6 – ротаметры для определения загрязанности; 7 – ручка вентиля ротаметра; 8 – входной штуцеры; 9 – блок управления таймером

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА ВЕСОВЫМ МЕТОДОМ С ПОМОЩЬЮ АСПИРАТОРА МОДЕЛИ ПУ-4Э

Фильтры. В качестве фильтрующего материала используют пористые вещества (вату, асбест, бумагу, стекловолокно). В отечественных приборах давно применяют аналитические аэрозольные фильтры АФА, которые обладают высокой эффективностью фильтрации и малым аэродинамическим сопротивлением. Эти фильтры улавливают частицы размером 0,1-0,2 мкм при объемной скорости прокачивания воздуха до $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ [2].

Для весового метода удобно использовать перхлорвиниловые фильтры АФА-ВП-10 и АФА-ВП-20 (таблица 2), однако их невозможно использовать для сред, содержащих ацетон, бензол, ксилол [2, 14].

Таблица 2 – Технические характеристики фильтров АФА-ВП

Характеристика	АФА-ВП-10	АФА-ВП-20
Площадь рабочей поверхности	10 см ²	20 см ²
Температура воздуха при отборе пробы	-200 ... +60°С	
Сопротивление фильтра потоку воздуха при скорости 1 см/с	0,3 мм вод.ст.	
Допустимая воздушная нагрузка	7 л/(мин·см ²)	

Для соединения фильтров с аспиратором используют различные фильтродержатели (алонжи, аэрозольные патроны), например, изготовленные из алюминия или ударопрочного полистирола ИРА-10 и ИРА-20. Цифры в маркировке указывают на размеры используемого фильтра, например, фильтродержатель ИРА-10 используется для фильтров АФА-10 (рисунок 2).



Рисунок 2 – Фильтродержатель ИРА-10: 1 – фильтродержатель, 2 – фильтр АФА, 3 – фильтр в фильтродержателе, соединенном с гибким шлангом

При определении концентрации пыли в воздухе также есть несколько моментов, которые необходимо учесть:

1. Включать aspirator без фильтров нельзя, иначе он может преждевременно выйти из строя из-за загрязнения воздуходувки. Поэтому для установления необходимой скорости прохождения воздуха используют пробный фильтр [9].

2. В комплект поставки фильтров АФА-ВП, как правило, входят сами фильтры с бумажной подложкой и бумажные держатели для фильтров (рисунок 3). Поскольку фильтры изготовлены из тонких волокон, которые легко отделяются, то в процессе работы волокна могут остаться на пальцах или фильтродержателе. Кроме этого, как показал наш опыт использования фильтров АФА, фильтры нельзя складывать один на другой, так как впоследствии их трудно отделить друг от друга. Поэтому для исключения потери массы фильтров целесообразно их сразу вставлять в бумажные держатели и после взвешивания каждый фильтр в бумажном держателе помещать в отдельный пакет.



Рисунок 3 – Фильтр АФА-ВП-10: 1 – бумажная подложка, 2 – фильтр, 3 – бумажный держатель для фильтра, 4 – фильтр в бумажном держателе

3. Фильтры АФА-ВП-10 не требуют особой подготовки, так как обладают водоотталкивающими свойствами, но их взвешивают вместе с бумажными держателями, а бумага хорошо впитывает и отдает влагу. Поэтому, как и при определении запыленности документов, мы должны учитывать влажность

фильтров с держателями, так как абсолютные величины оседающей пыли очень малы (в среднем 0,1–10 % от массы фильтра).

5 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА ВЕСОВЫМ МЕТОДОМ С ПОМОЩЬЮ АСПИРАТОРА МОДЕЛИ ПУ-4Э

Все необходимые данные и результаты измерений запыленности вносят в форму «Запыленность воздуха», представленную в приложении 2, 3.

Графа 1 – название отдела, помещения, место отбора пробы. Для достоверной оценки запыленности воздуха необходимо отбирать в разных точках 5–15 проб.

Графа 2 – номера фильтров (фильтры нумеруют на бумажных держателях). Фильтры АФА-ВП-10 перед взвешиванием помещают на 0,5–1 ч около весов, чтобы температура и влажность фильтров сравнялась с температурой и влажностью воздуха в футляре весов. Фильтры аккуратно отсоединяют от бумажной подложки и помещают в бумажные держатели.

Графа 7 – начальные массы контрольных фильтров и фильтров для отбора проб (опытных), которые взвешивают на весах с точностью $\pm 0,0001$ г или $\pm 0,00001$ г. Пробные фильтры, предназначенные для регулировки объемного расхода воздуха аспиратора (скорости прохождения воздуха), не взвешивают.

Пробный фильтр в бумажном держателе вставляют в фильтродержатель, который через гибкую полимерную трубку (резиновый шланг) соединяется с входным штуцером аспиратора.

Вентили ротаметров, не соединенных с фильтром, должны быть закрыты. Устанавливают необходимый расход (скорость) воздуха, величину которого определяют по показаниям каждого ротаметра. Исходя из площади рабочей поверхности фильтра АФА-ВП-10 и допустимой воздушной нагрузки на фильтр (таблица 2), скорость прохождения воздуха через фильтр не должна превышать 70 л/мин. Отсчет скорости прохождения воздуха производят по верхнему краю поплавка.

Опытный фильтр в бумажном держателе вставляют в фильтродержатель, включают aspirator на определенное время.

Графа 3 – продолжительность отбора пробы (τ), мин.

Графа 4 – скорость воздуха (ν), л/мин. Длительность прокачивания воздуха через один фильтр определяется двумя факторами [2]:

– точностью весового метода, поэтому количество пыли на фильтре должно быть не менее 1-2 мг;

– пылеемкостью применяемого фильтра: например, для АФА-ВП-10 количество собранной пыли на фильтре должно быть не более 25 мг.

Поэтому количество прокачиваемого воздуха зависит от степени запыленности помещения и определяется опытным путем.

Графа 5 – объем воздуха, прошедшего через фильтр (V), л, рассчитанный по формуле:

$$V = \nu \cdot \tau. \quad (1)$$

После отбора проб опытные и контрольные фильтры в течение 0,5–1 ч должны выдерживаться в одинаковых условиях температуры и влажности воздуха.

Графа 6 – конечные массы контрольных и опытных фильтров после прокачивания воздуха.

Графа 8 – результаты расчета изменения массы контрольных и опытных фильтров ΔM_x по формуле:

$$\Delta M_x = M_{\text{кон}} - M_{\text{нач}}, \quad (2)$$

где ΔM_x – изменение массы фильтра;

$M_{\text{кон}}$ – масса фильтра после отбора проб воздуха;

$M_{\text{нач}}$ – начальная масса фильтра.

Графа 9 – среднее значение изменения массы контрольных тампонов $\Delta M_{\text{кон}}$ (с учетом знака "+" или "-"), определенное по формуле:

$$\Delta M_{\text{контр}} = \sum \Delta M_{\text{к}} / N, \quad (3)$$

где N – количество контрольных фильтров;

$\Delta M_{\text{к}}$ – изменение массы каждого контрольного фильтра.

Значение $\Delta M_{\text{контр}}$ показывает, какое количество влаги поглотили или отдали чистые фильтры относительно их первоначального веса. Как и в случае расчета изменения массы тампонов (при определении запыленности документов), здесь также возможны 3 варианта: $\Delta M_{\text{контр}} = 0$, $\Delta M_{\text{контр}} > 0$ и $\Delta M_{\text{контр}} < 0$.

Массу пыли, осевшую на фильтре $M_{\text{пыли}}$, с учетом изменения массы контрольных фильтров $\Delta M_{\text{контр}}$ вычисляют по формулам:

$$\text{если } \Delta M_{\text{контр}} > 0, \text{ то} \quad M_{\text{пыли}} = \Delta M - \Delta M_{\text{контр}}; \quad (4)$$

$$\text{если } \Delta M_{\text{контр}} < 0, \text{ то} \quad M_{\text{пыли}} = \Delta M + |\Delta M_{\text{контр}}|, \quad (5)$$

где $|\Delta M_{\text{контр}}|$ – модуль значения изменения массы контрольных фильтров.

Графа 9 – количество пыли, осевшее на фильтре, $M_{\text{пыли}}$, г.

Графа 10 – запыленность воздуха, C , мг/м³, рассчитанная по формуле:

$$C = M_{\text{пыли}} \cdot 10^6 / V, \quad (6)$$

где V – объем воздуха, прошедшего через фильтр;

10^6 – коэффициент для перевода запыленности из г/л в мг/м³ (единицы измерения, предусмотренные ГОСТ 7.50-2002).

6 ПРИМЕР РАСЧЕТА ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА (ПРИЛОЖЕНИЕ 3)

Определение запыленности (массовой концентрации пыли) воздуха в хранилище после проведения ремонтных работ.

Подготовка к отбору проб и анализу (в лаборатории).

1. Фильтры АФА-ВП-10 аккуратно отсоединяем от бумажной подложки и помещаем в бумажные держатели. Нумеруем контрольные (К1, К2 и К3) и опытные фильтры и оставляем их перед взвешиванием на 0,5–1 ч. около весов. Записываем номера фильтров в графу № 2.

2. Взвешиваем контрольные и опытные фильтры, и их начальные массы вносим в таблицу в графу 7. Взвешенные фильтры помещаем в отдельные пакеты.

Для отбора проб воздуха в помещении берем пробные фильтры, опытные фильтры № 1-4, а контрольные фильтры № К1, К2 и К3 оставляем в лаборатории.

Отбор проб (в помещениях).

3. В графу 1 вносим данные о помещении.

4. Проводим отбор двух параллельных проб воздуха в двух точках помещения. Пробные фильтры в бумажных держателях вставляем в фильтродержатели, которые соединяем с входными штуцерами аспиратора, которые соединены с ротаметрами, имеющими шкалу от 0 до 20 л/мин.

5. Включаем аспиратор и, вращая ручку вентиля, устанавливаем скорость прохождения воздуха, например, 7 л/мин для каждого фильтра.

6. Два опытных фильтра в бумажных держателях вставляем в фильтродержатели, включаем аспиратор, засекая по часам необходимое время отбора пробы. Две параллельные пробы (фильтры № 1 и 2) отбираем в течение 10 мин, а еще две (фильтры № 3 и 4) — 5 мин. В графе 4 записываем скорость воздуха, а в графе 3 – время отбора пробы.

7. Фильтры с бумажными держателями вытаскиваем из фильтродержателей и помещаем обратно в отдельные пакеты. Обработка результатов в лаборатории.

8. В графу 5 записываем рассчитанные значения объема воздуха прошедшего через фильтр V :

$$V_1 = v_1 \cdot \tau_1 = 7 \cdot 10 = 70 \text{ л};$$

$$V_1 = v_2 \cdot \tau_2 = 7 \cdot 10 = 70 \text{ л};$$

$$V_1 = v_3 \cdot \tau_3 = 7 \cdot 5 = 35 \text{ л};$$

$$V_1 = v_4 \cdot \tau_4 = 7 \cdot 5 = 35 \text{ л}.$$

9. Опытные и контрольные фильтры выдерживаем в течение 0,5-1 ч в том помещении, где будет проводиться взвешивание.

10. Взвешиваем контрольные и опытные фильтры, их конечные массы ($M_{\text{кон}}$) записываем в графу 6.

11. Рассчитываем изменение массы ΔM_x каждого контрольного фильтра:

$$\Delta M_{K1} = M_{K1 \text{ кон}} - M_{K1 \text{ нач}} = 0,15770 - 0,15643 = 0,00127 \text{ г};$$

$$\Delta M_{K2} = M_{K2 \text{ кон}} - M_{K2 \text{ нач}} = 0,16062 - 0,15894 = 0,00168 \text{ г};$$

$$\Delta M_{K3} = M_{K3 \text{ кон}} - M_{K3 \text{ нач}} = 0,16076 - 0,15901 = 0,00175 \text{ г}.$$

В графу 8 записываем результаты расчета (с учетом знака "+" или "-").

12. В графу 9 вносим среднее значение изменения массы контрольных фильтров $\Delta M_{\text{контр}}$:

$$\Delta M_{\text{контр}} = \sum \Delta M_k / N = (0,00127 + 0,00168 + 0,00175) / 3 = 0,00157 \text{ г}.$$

13. Рассчитываем изменение массы опытных фильтров и полученные значения вносим в графу 8:

$$\Delta M_1 = M_1 \text{ кон} - M_1 \text{ нач} = 0,16451 - 0,16258 = 0,00193 \text{ г};$$

$$\Delta M_2 = M_2 \text{ кон} - M_2 \text{ нач} = 0,15787 - 0,15606 = 0,00181 \text{ г};$$

$$\Delta M_3 = M_3 \text{ кон} - M_3 \text{ нач} = 0,16313 - 0,16131 = 0,00182 \text{ г};$$

$$\Delta M_4 = M_4 \text{ кон} - M_4 \text{ нач} = 0,16433 - 0,16246 = 0,00187 \text{ г}.$$

14. В графу 9 записываем массу пыли, осевшую на фильтре $M_{\text{пыли}}$, с учетом $\Delta M_{\text{контр}}$. Поскольку $\Delta M_{\text{контр}} > 0$, то $M_{\text{пыли}} = \Delta M - \Delta M_{\text{контр}}$.

$$M_{1 \text{ пыли}} = \Delta M_1 - \Delta M_{\text{контр}} = 0,00193 - 0,00157 = 0,00036 \text{ г};$$

$$M_{2 \text{ пыли}} = \Delta M_2 - \Delta M_{\text{контр}} = 0,00181 - 0,00157 = 0,00024 \text{ г};$$

$$M_{3 \text{ пыли}} = \Delta M_3 - \Delta M_{\text{контр}} = 0,00182 - 0,00157 = 0,00025 \text{ г.};$$

$$M_{4 \text{ пыли}} = \Delta M_4 - \Delta M_{\text{контр}} = 0,00187 - 0,00157 = 0,00030 \text{ г.};$$

15. В графу 14 записываем запыленность воздуха C (концентрацию пыли в воздухе):

$$C_1 = M_{1 \text{ пыли}} \cdot 10^6 / V_1 = 0,00036 \cdot 10^6 / 70 = 5,1 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_2 = M_{2 \text{ пыли}} \cdot 10^6 / V_2 = 0,00024 \cdot 10^6 / 70 = 3,4 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_3 = M_{3 \text{ пыли}} \cdot 10^6 / V_3 = 0,00025 \cdot 10^6 / 35 = 7,1 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_4 = M_{4 \text{ пыли}} \cdot 10^6 / V_4 = 0,00030 \cdot 10^6 / 35 = 8,6 \text{ мг/м}^3.$$

16. Рассчитываем среднюю запыленность воздуха в помещении:

$$C_{\text{ср}} = (C_1 + C_2 + C_3 + C_4) / 4 = (5,1 + 3,4 + 7,1 + 8,6) / 4 = 6,1 \text{ мг/м}^3.$$

17. Таким образом, средняя запыленность воздуха в исследуемом помещении составила $6,1 \text{ мг/м}^3$, что в 12 раз выше нормативного значения, регламентированного ГОСТ 7.50-2002 ($0,5 \text{ мг/м}^3$).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое пыль?
2. Классификация пыли.
3. Вредное воздействие пыли на человека.
4. Что такое предельно-допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества?
5. Методы исследования запыленного воздуха.
6. Средства защиты от пыли.
7. Назовите виды обеспыливающего оборудования.
8. Сущность весового метода определения концентрации пыли.
9. Каким образом измеряется счетная концентрация пыли?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГН 2.2.5.3532-18 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны".
2. Клименко А.П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли. М.: Химия, 1978. 208 с.
3. Санитарно-гигиенические исследования воздуха / под общ. ред. И.М. Голосова. Л.: Ленингр. ветерин. ин-т, 1980. 63 с.
4. Перечень приборов, аппаратуры и устройств, рекомендуемых для контроля факторов промышленной среды [Электронный ресурс] URL: <http://www.niiot.ru/> (дата обращения: 01.01.19).
5. Пылемеры [Электронный ресурс]. URL: <http://medwest.ru/catalog/14> (дата обращения: 01.01.19).
6. Экологические приборы и оборудование. "Экоинтех": Пылемеры. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eco-intech.com/catalog/5/> (дата обращения: 01.01.19).
7. Аспиратор для отбора проб воздуха. Модель ПУ-4Э: паспорт. Экологические приборы и оборудование. "Экоинтех": аналитические фильтры модели АФА-ВП, АФА-Х, АФА-РМ, АФА-РСП [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eco-intech.com/catalog/5/460/> (дата обращения: 01.01.19).
8. Мамаева Н.Ю. Оценка запыленности воздуха // Комплексное обследование книгохранилищ: методическое пособие. СПб: РНБ, 2007. С. 76-91.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 – Предельно допустимые концентрации пыли в рабочей
зоне производственных помещений

Вещество	ПДК, мг/м³
Пыль, содержащая 70 % свободного диоксида кремния	1,0
Асбестовая пыль и пыль смешанная, содержащая более 10 % асбеста	2,0
Пыль угольная, содержащая 70 % свободного диоксида кремния	4,0
Пыль барита, апатита, фосфорита, содержащая менее 10 % свободного диоксида кремния	6,0
Пыль глин, минералов и их смесей, не содержащая свободного диоксида кремния	6,0
Пыль угольная, содержащая 10% свободного диоксида кремния	4,0
Пыль угольная, не содержащая свободного диоксида кремния	10,0
Пыль слюды-сырца (с примесью диоксида кремния до 28 %)	2,0
Пыль цемента, глин минералов и их смесей, не содержащих свободного диоксида кремния	6,0
Аэрозоли металлов, металлоидов и их соединений:	
Алюминия	2,0
Оксида железа	4,0
Марганца, мышьяка	0,3
Никеля	0,5
Свинца	0,01
Оксида цинка	6,0

Приложение 2 – Запыленность воздуха

ЗАПЫЛЕННОСТЬ ВОЗДУХА

Помещение _____

Дата обследования _____ г.

Дата снятия результатов _____ г.

Отдел/Фонд, помещение	№ фильтра	Время отбора пробы τ , мин	Скорость воздуха v , л/мин	Объем воздуха V , л	Масса фильтра конечная $M_{кон}$, г	Масса фильтра начальная $M_{нач}$, г	Изменение массы фильтра ΔM , г	Масса пыли $M_{пыли}$, г	Запыленность воздуха C , мг/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
–	Контроль 1	–	–	–				$\Delta M_{контр} =$	
–	Контроль 2	–	–	–					
–	Контроль 3	–	–	–					
	1								
	2								
	3								
	4								

Приложение 3 – Пример заполнения формы «Запыленность воздуха»

ФОРМА № 8 (образец)

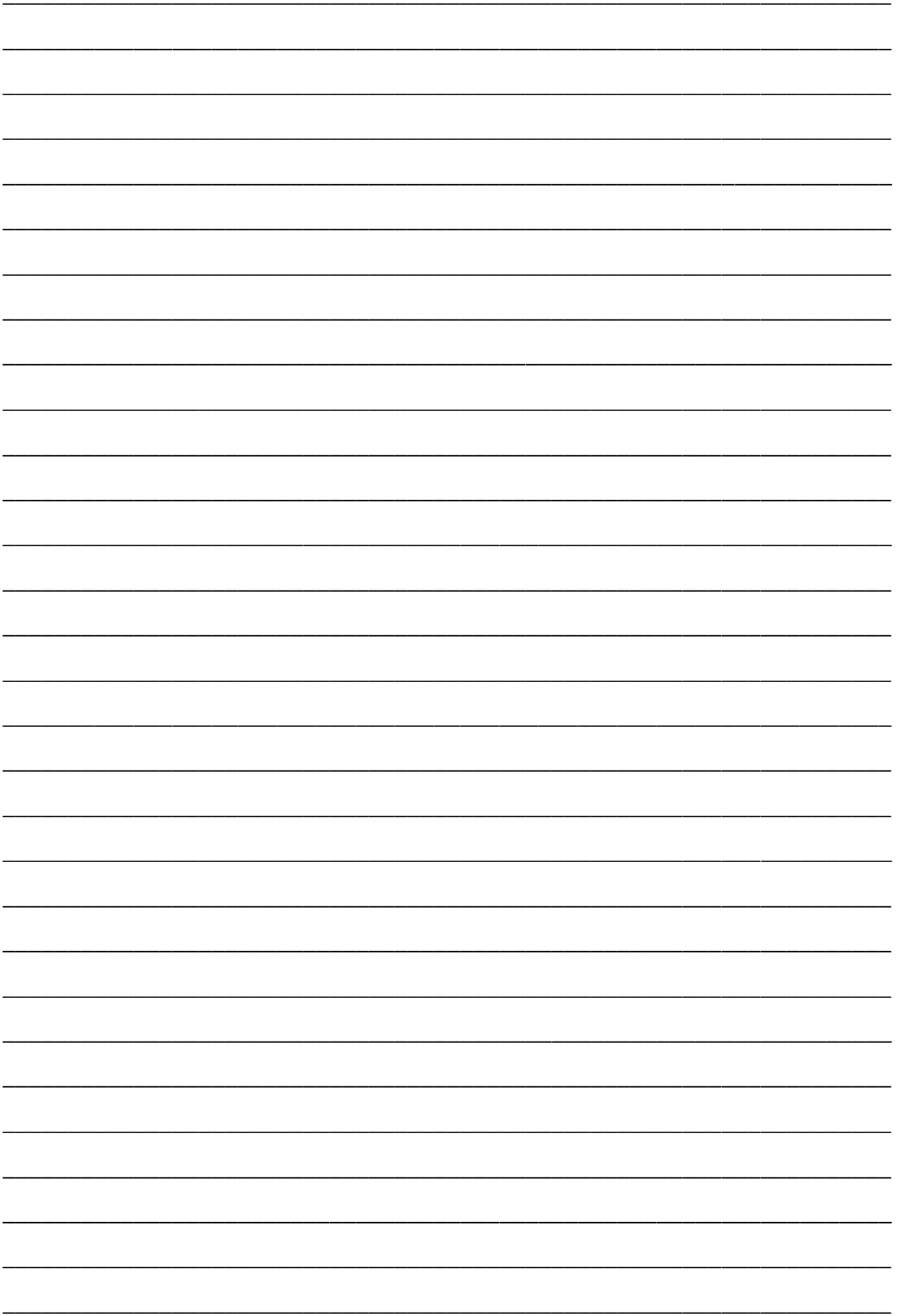
ЗАПЫЛЕННОСТЬ ВОЗДУХА

Библиотека: N-ская ОУНБ

Дата обследования: 4 июля 2005 г.

Дата снятия результатов: 5 июля 2005 г.

Отдел/Фонд, помещение	№ фильтра	Время отбора пробы τ , мин	Скорость воздуха v , л/мин	Объем воздуха V , л	Масса фильтра конечная $M_{кон}$, г	Масса фильтра начальная $M_{нач}$, г	Изменение массы фильтра ΔM , г	Масса пыли $M_{пыли}$, г	Запыленность воздуха C , мг/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
–	<i>Контроль 1</i>	–	–	–	<i>0,15770</i>	<i>0,15643</i>	<i>0,00127</i>	$\Delta M_{контр} = 0,00157$	
–	<i>Контроль 2</i>	–	–	–	<i>0,16062</i>	<i>0,15894</i>	<i>0,00168</i>		
–	<i>Контроль 3</i>	–	–	–	<i>0,16076</i>	<i>0,15901</i>	<i>0,00175</i>		
Иностраный фонд, помещение № 22	1	10	7	70	0,16451	0,16258	0,00193	0,00036	5,1
	2	10	7	70	0,15787	0,15606	0,00181	0,00024	3,4
	3	5	7	35	0,16313	0,16131	0,00182	0,00025	7,1
	4	5	7	35	0,16433	0,16246	0,00187	0,00030	8,6



Учебное издание

Адылин Иван Петрович

Определение концентрации пыли
в воздухе весовым методом

Методические рекомендации к выполнению
лабораторно-практических работ
для студентов всех направлений подготовки (бакалавриат)
по дисциплине «Промышленная экология»

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 15.11.2019 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 1,86. Тираж 25 экз. Изд. 6565.

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии.
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ